Entwicklung der logischen Intelligenz

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
am Fachbereich Psychologie
der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

ORAL SÜMBÜL
aus Russe

Marburg 1978

Druck: Mauersberger, Marburg

Entwicklung der logischen Intelligenz

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
am Fachbereich Psychologie
der Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

ORAL SÜMBÜL

aus Russe

Marburg 1978

Druck: Mauersberger, Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Von dem Fachbereich Psychologie der
Philipps-Universität Marburg als

Dissertation angenommen am 13.2.1978
Tag der mündlichen Prüfung am 6.3.1978
Berichterstatter: Prof. Dr. H. Scheiblechner
Mitberichterstatter: Prof. Dr. T. Ehlers

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
1. Empirische Modellstudien an Aufgaben aus dem Bereich der auditiven, visuellen und taktilen Wahrnehmung	11
1.1. Untersuchungsziel, Untersuchungsablauf und Charakteristika der analysierten Aufgaben	11d
1.2. Visuelle Wahrnehmungsaufgaben	14
1.2.1. Aufgaben-Struktur-Hypothesen	14
1.2.2. Folgerungen für die Konstruktion von visuellen Wahrnehmungsaufgaben	16
1.3. Hypothesen zur Aufgabenstruktur der Aufgaben aus dem Bereich der auditiven Wahrnehmung	35
1.3.1. Folgerungen für die Konstruktion von Aufgaben aus dem Bereich der verbalen Wahrnehmung	36
1.3.2. Aufgabenkonstruktion im Bereich der auditiven Wahrnehmung	38
1.4. Hypothesen zur Struktur der Aufgaben mit der Federwaage	45
1.4.1. Folgerungen für die Aufgabenkonstruktion	45
2. Das Aufgabenmaterial der empirischen Untersuchung	57
3. Die Analyse der Daten mit dem linearen logistischen Modell	60
3.1. Geltungstest zum Modell von R a s c h	60
3.1.1. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 01-09	61
3.1.2. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 11-192	62
3.1.3. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 21-27	68
3.1.4. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 31-38	72
3.1.5. Die homogene Klasse der Bilder-Test-Aufgaben	77
3.1.6. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben, A, B, C, D, T	81
3.1.7. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben, E, F, G, H, I	84
3.1.8. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben J, K, L, M, N	87

Seit

3.1.9. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben O, P, Q, R, S 92

3.1.10. Die homogene Klasse der Wörter-Test-Aufgaben 95

3.1.11. Prüfung der Modellkontrolle für die Aufgaben 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 491 100

3.1.12. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 598 103

3.1.13. Die homogene Klasse aller Test-Aufgaben 107

3.2. Ergebnisse und ihre Interpretation: Denkoperationen und Lernprozesse 112

3.2.1. Interpretation nach der logistischen Funktion des Modells von R a s c h 112

3.2.2. Denkoperationen und Lernprozesse 114

3.3. Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse 127

4. Zusammenfassung 130

Literaturverzeichnis 135

Anhang: Bilder-Test-Teil 1a

Wörter-Test-Teil 41a

Federwaage-Test-Teil 49a

Einleitung: Eingliederung der Arbeit in die allgemeine Theorie P i a g e ts

In seinem großen und umfassenden Werk befaßt sich Jean P i a g e t mit der psychologischen Entwicklung des Kindes und bringt neue Denkanstöße zur kognitiven Entwicklung, die zu einer Neuorientierung in der Psychologie beitrugen. Im Gegensatz zu Theorien der Außensteuerung, die typisch für behavioristische Ansätze sind, entwickelt er eine Theorie der Selbststeuerung, in der der Organismus eine wichtigere und aktivere Rolle spielt. Die aktive Mitwirkung des Organismus wird heute in Lern-, Motivations- und Sozialisationstheorien, aber auch in Theorien der Wahrnehmungs- und Gedächtnisprozesse in den Vordergrund gestellt.

P i ag e t, der u.a. dieses Umdenken anregte und damit zu einer herausragenden Person in der Geschichte der Psychologie wurde, sieht seinen Strukturalismus und seinen erkenntnistheoretischen Konstruktivismus alternativ zu den Theorien des Sensualismus und Behaviorismus, die lange Zeit die Psychologie beherrschten und in denen man von der Annahme eines passiven Organismus ausgeht, dessen Entwicklung unter völliger Kontrolle seiner Umwelt steht.

Nach P i a g e t entwickelt sich der Mensch in aktiver Auseinandersetzung mit seiner Umwelt, wobei Verhalten und Verhaltensänderungen das Resultat der Aktivitäten des handelnden und erkennenden Menschen sind. Anregungen, Herausforderungen und Widerstände der Umwelt sind wichtig für die Entwicklung des Menschen und steuern diese ebenfalls, sie sind jedoch nicht die einzigen Determinanten. Von Beginn an ist eine Struktur vorhanden, die sich zum einen in der Interaktion mit der Umwelt verändert, zum anderen diese Interaktion aber auch mitgestaltet.

P i a g e ts axiomatische These besteht darin, daß jede Entwicklung in einer Ausgangsstruktur gründet und in eine neue,

veränderte Struktur mündet. Danach ist die menschliche Entwicklung als ein Prozeß der Äquilibration anzusehen, in dem zwischen den bereits bestehenden Erkenntnisstrukturen und neuen Erkenntniselementen ein Ausgleich hergestellt werden muß. In längeren Entwicklungsabschnitten werden immer umfassendere kognitive Organisationsformen konstruiert, die sich durch ein zunehmendes kognitives Gleichgewicht auszeichnen. In sogenannten "Strukturmodellen" beschreibt P i a g e t die Möglichkeit der Gewinnung von Erkenntnissen und die Art und Weise der Erwerbung neuer Strukturen. Die Strukturmodelle der höchsten Stufe der geistigen Entwicklung, des formallogischen Denkens, sind der Mathematik (Kombinatorik, Gruppen-, Netzstrukturen) entlehnt. Die Strukturmodelle, die P i a g e t in Anlehnung an die Gruppentheorie entwickelt, stellen abstrakte Operationssysteme dar, die eine Vielzahl von Leistungen in unterschiedlichen Gegenstandsbereichen erklären. Die Einführung logisch-mathematischer Modelle zur Erklärung der Erkenntnisgewinnung erlaubt die Beschreibung der Denkentwicklung als Aufbau immer umfassenderer Systeme des Denkens.

P i a g e t unterscheidet drei Hauptstufen der Denkentwicklung: das voroperatorische, das konkret-operatorische und das formallogische Denken. Je nach den im Denken vorherrschenden qualitativen Merkmalen wird die voroperatorische Phase durch Begriffe wie egozentrisch, animistisch, magisch usw. charakterisiert.

Auch in der konkret-operatorischen Phase ist Denken in logisch mathematischen Strukturen noch nicht möglich, da das Kind noch überwiegend an das konkrete Erfassen der Umwelt und an Systeme konkreter Operationen gebunden ist. Da die konkrete Handlung, aus der auf dieser Entwicklungsstufe die Intelligenz hervorgeht, im wesentlichen unumkehrbar ist, werden die Strukturen, die die Koordinierung der Handlung regeln, nicht verinnerlicht. Da Verallgemeinerungen nicht möglich sind, muß das Kind in dieser Phase seine Vorgehensweise von Aufgabe zu Aufgabe neu überdenken, von Fall zu Fall unabhängig handeln (P i a g e t, 1958, S. 1).

Das Stufenproblem heute:

Wandlungen in den entwicklungspsychologischen Grundauffassungen - besonders im Zusammenhang mit den Tendenzen der "akzelerierenden Instruktion" (vgl. S a m s t a g, 1971, S. 11 ff.) und der weltweiten P i a g e t -Diskussion - führten in den letzten Jahren zu einer neuen und vertieften Auseinandersetzung mit dem schwierigen Problem, in welcher Form sich die seelisch-geistige Entwicklung vollzieht; ob in Schritten, bezeichnet als Stufen, Stadien, Phasen, Perioden u.ä. (gewisse Bedeutungsunterschiede können hier unberücksichtigt bleiben), die in ihrer zeitlichen Determination und ihrer Aufeinanderfolge oder Sequenz gesetzhaft - und daher kaum veränderbar - festliegen, oder ob die seelisch-geistige Genese im wesentlichen durch die aktuellen Einwirkungen aus der Umwelt, vornehmlich aus dem "Bildungsmilieu" der Kinder, also durch planmäßige erzieherische und unterrichtliche Maßnahmen bestimmt wird. Heuzutage ist es schwierig, Theorien und Tendenzen der "akzelerierenden Instruktion" mit den Argumenten der "wachstümlichen" Auffassung von ehemals, wie sie K. und Ch. B ü h l e r, G e s e l l, K r o h oder auch P i a g e t vortrugen, zurückzuweisen. Das Vorkommen von gesetzhaft festliegenden Stufen, Stadien oder Phasen der Entwicklung wird von unterschiedlichen Standpunkten aus angezweifelt oder schlechthin bestritten; so vom Behaviorismus, von experimentell arbeitenden Kritikern P i a g e ts, von der Kulturanthropologie, von der geisteswissenschaftlichen Pädagogik. Die vermutliche Antwort könnte man vielleicht mit H. R o t h in der hypothetischen Aussage formulieren, daß es trotz der nicht zu übersehenden Plastizität der menschlichen Natur allgemeingültige Entwicklungsgesetzlichkeiten gibt, die für jede menschliche Entwicklung gelten und durch Umwelteinwirkungen, im besonderen durch Erziehung und Bildung, zwar abgeändert, aber nicht "aufgehoben oder übersprungen werden können" (R o t h, 1966, S. 193 f., 265, 322).

P i a g e t und sein Arbeitskreis setzen sich seit den 50er

Jahren mit der Problematik der Stufen und besonders mit der Beschleunigungsfrage auseinander. Ohne von ihren grundlegenden Hypothesen abzugehen, zeigten sie sich aber doch schon bald zu Revisionen ihres ursprünglichen Konzeptes bereit (vgl. I n h e l d e r et N o e l t i n g, 1959; V i n h B a n g, 1959a, 1959b; dazu P i a g e t et I n h e l d e r, 1962, p. XXI; dtsch. 1969, S. 20 f.). I n h e l d e r und N o e l t i n g beobachteten außer Übereinstimmungen auch Abweichungen von früheren Ergebnissen der Genfer Schule. Während einerseits Beschleunigungsphänomene festgestellt werden konnten erwies sich andererseits die Entwicklung gewisser Begriffe auch im Längsschnitt als recht komplexer, langdauernder Vorgang. In analoger Weise konnten P i n a r d und L a u r e n d e a u (1964, p. 258) durch ihre umfangreiche Untersuchung mit 700 Pbn die Existenz der Stufen im Sinne P i a g e t s "im ganzen" bestätigen. Manchmal sei es jedoch nötig gewesen, gewisse Stadien auszuscheiden; öfter noch, weitere hinzuzufügen, die, offenbar nicht mit schon analysierten identisch, echte neue Entwicklungsniveaus kennzeichnen. Wie andere Forscher stellten auch diese Autoren Entwicklungsverzögerungen gegenüber den Angaben P i a g e t s fest.

Auf Grund solcher und ähnlicher Erfahrungen wurden schon vor Jahren von P i a g e t (1956; 1960 in T a n n e r and I n h e l d e r (eds.), vol. 4) zwei Minimalforderungen an eine Stadienlehre gestellt. Das erste unabdingbare Merkmal jeder Stufenlehre sei "eine konstante Ordnung der Aufeinanderfolge" der Entwicklungsschritte, während das Durchschnittsalter, in welchem verschiedene Kinder in verschiedenen psychophysischen Bereichen und sozialen Umwelten die Stadien erreichen und durchlaufen, stark variieren könne. P i a g e t selbst hatte schon vor Jahren gelegentlich Entwicklungsvorsprünge von drei Jahren und mehr gegenüber dem Durchschnittsalter festgestellt (P i a g e t, I n h e l d e r, S z e m i n s k a, 1948, p. 454, 467 f., 473). Deshalb hatte I n h e l d e r schon 1953 betont, das Realisierungsalter der einzelnen Schritte der geistigen Entwicklung könne nicht fest-

gelegt werden, da es immer von der Umwelt abhängig sei (T a n n e r and I n h e l d e r, 1956, p. 85), und P i a g e t machte mehrfach denselben Hinweis (z.B. auf der Genfer Tagung 1955; vgl. O s t e r r i e t h et al., 1956, p. 73 f.). P i a g e t übersah auch nicht, daß am allerwenigsten der Aufstieg auf die höchste Stufe der Denkentwicklung ein bloßer Reifungsprozeß sei; gerade dieser Schritt bedarf intensiver Anregung und Schulung. Weiß man doch, daß auch Erwachsene mit durchschnittlicher Begabung und normaler Schulbildung ein beträchtlich unterentwickeltes Denken aufweisen können (vgl. F l a v e l l , 1963, p. 398 f.). Besonders überraschend war allerdings die Feststellung von René Z a z z o , als er Psychologiestudenten P i a g e t -Aufgaben zum Problem der Erhaltung der physischen Quantität vorlegte: Sie versagten in derselben Weise wie Schulkinder! Z a z z o meinte dazu, die Operationen zur Invarianzeinsicht funktionierten zunächst doch sehr unsicher, und man könne sie leicht unwirksam machen, "selbst bei Erwachsenen und selbst bei gebildeten Erwachsenen" (Diskussionbemerkung in T a n n e r and I n h e l d e r, 1956, 2. p. 257). Gegenüber "instruktionstheoretischen" Auffassungen räumte P i a g e t schon vor Jahren ein, daß der Übergang zum formalen Denken - zusätzlich zur neurologischen Reifung - auch "das Produkt einer fortschreitenden Beschleunigung der individuellen Entwicklung unter dem Einfluß des Unterrichts" sein könne und daß daher "einer weiteren Reduzierung des Durchschnittsalters in einer mehr oder weniger fernen Zukunft" nichts im Wege stehe (I n h e l d e r et P i a g e t, 1955, p. 300). An Hinweisen, die den Optimisnus P i a g e t s bestätigen würden, fehlt es indessen vorläufig noch. Nach L o v e l l (1971, p. 90 f.) blieben in England unternommene Transferversuche zur Beschleunigung des Übergangs zum formalen Denken bei 7-, 9- und 11jährigen erfolglos; erst 13jährigen gelang der Transfer. Auch die spärlichen anderen einschlägigen Versuche führten zu dem gleichen Ergebnis, daß das Üben des formalen Denkens vor dem 13. Lebensjahr bei der Mehrheit der Kinder ohne Erfolg blieb. L o v e l l jedenfalls meint, bis man wisse, wie eine Beschleunigung ermöglicht werden kann, habe

die Forschung noch einen weiten Weg zurücklegen (vgl. aber die Untersuchung von A n d e r s o n, 1965).

Erläuterung der Denkentwicklung von der konkret-operatorischen zur formallogischen Phase:

In seinem Buch "De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent" stellt P i a g e t die Unterschiede zwischen dem konkreten und formalen Denken heraus: "... les methodes de découverte et de preuve expérimentales propres à l'adolescent par opposition à l'enfant, se sont montrées solidaires de toute une nouvelle structuration opératoire, fondée sur la logique des proposition et sur une pensée "formelle" distincte de la pensée operatoire "concrète" de 7 à 11 ans (celle-ci ne requérant que certaines operations de la logique des classes et des relations)." (P i a g e t et I n h e l d e r, 1955, S. 3-4) Der Übergang vom konkreten zum formalen Denken verläuft nach P i a g e t durch die folgenden Problemlösungsstrategien hindurch:

1. Eine Dissoziation der Faktoren, die bei Problemlösungen entscheidend sind, geschieht nur anhand von zwei aussagenlogischen Operationen: Negation und Umkehrung. Wenn die Dissoziation nicht mit Hilfe dieser beiden Operationen gelingt, erfolgt die Problemlösung nicht. Bei der Analyse der getrennten Faktoren anhand dieser zwei Operationen wird die Wechselbeziehung von einem Faktor zu einem anderen nicht in Betracht gezogen. Aufgrund dieser Tatsache wird das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein jedes Faktors unabhängig voneinander berücksichtigt.

2. Im weiteren Entwicklungsverlauf werden bei der Dissoziation der Faktoren die Wechselbeziehungen (Reziprozität) der verschiedenen Komponenten untereinander geprüft. Diese Art von Dissoziation verlangt die Abstraktion oder die Neutralisierung mancher Faktoren, damit die Wechselbeziehungen zu den übriggebliebenen durchsichtig und erfaßbar wird.

3. In der letzten Stufe der Entwicklung erfolgt bei dem Kind nach der Dissoziation die Assoziation der verschiedenen Faktoren aufgrund einer bestimmten Kombinatorik, mit der die Problemlösung herbeigeführt wird. Bei der Gruppierung der Faktoren muß das Kind jeweils graduell komplexere aussagenlogische Operationen anwenden (z.B. Identität, Disjunktion, Konjunktion, Implikation). Wenn das Kind in der Lage ist, eine Kombination von n-Faktoren auf eine n+1-Ebene auszudehnen und damit eine verallgemeinerte Netzstruktur herzustellen, hat es die formale Denkweise erreicht. Nach P i a g e t kann diese n zu n-Kombination erfolgen, wenn das Kind alle aussagenlogischen Operationen als Schema beherrscht. Dagegen ist bei dem konkret-operatorischen Denken die Bildung solcher Strukturnetze nicht ausreichend, da die Problemlösung nur mit Hilfe der für das Kind beherrschbaren Operationen wie Zuordnung, Reihenbildung, Klassifikation erfolgt.

Eine unbedingte Voraussetzung für formales Denken ist nach P i a g e t die Beherrschung der INRC-Netzstruktur (I = Identität, N = Negation, R = Reziprozität, C = Korrelation), die auch eine aussagenlogische Transformationsgruppe bildet. Von diesem Schema kann der Proportionsbegriff abgeleitet werden. Nach P i a g e t ist der Proportionsbegriff notwendig und hinreichend zur Lösung von Waagebalkenaufgaben. Die Verinnerlichung der INRC-Struktur und deren Anwendung schafft einen qualitativen Unterschied in dem Denkvermögen des Kindes.

Zusammenfassend zeigt nach P i a g e t diese ganze Entwicklung der Problemlösungsstrategien eine qualitative Änderung in der Denkweise des Kindes, die anhand der zunehmenden und komplexeren Verwendung der aussagenlogischen Operationen festzustellen ist.

Beim formallogischen Denken werden nach J. P i a g e t andere Strukturformen verwandt als in den vorangehenden Stufen der Denkentwicklung. P i a g e t versucht die physikalischen Experimente, die er mit Kindern durchgeführt hat, mit Hilfe der

INRC-Transformationen (logische Operationen), der sogenannten "Vierer Gruppe", zu interpretieren. Ähnliche Experimente beschreibt H. S p a d a (1976) im Buch "Modelle des Denkens und Lernens" (vgl. Waagebalkenaufgaben). S p a d a weist jedoch auf Schwierigkeiten der Anwendung und auf die Unzulänglichkeit des INRC-Modells hin: "Ein wesentliches Element der Theorie ist die Annahme, daß bei Operationen und Operationskombinationen für alle Kinder in der selben, genau feststehenden Reihenfolge verfügbar werden. Auch liegt der Theorie - zumindest implizit - die im Zusammenhang mit dem deterministischen Denkmodell entwickelte Hypothese von S c a n d u r a zugrunde, daß ein Kind unter entsprechenden Bedingungen ausnahmslos alle jene Aufgaben richtig löst, für die es die erforderlichen Operationen beherrscht, alle anderen Aufgaben aber nicht zu lösen vermag." (H. S p a d a, 1976, S. 270)

In seiner empirischen Prüfung mit den Waagebalkenaufgaben zeigt S p a d a (H. S p a d a, 1976, S. 273), daß zur Erklärung der Ergebnisse das probabilistische Modell von R a s c h besser geeignet zu sein scheint als das deterministische Denkmodell von S c a n d u r a. "Während nach den Theorien von I n h e l d e r & P i a g e t unterschiedliche Aufgaben qualitativ verschiedene Denkleistungen - beschreibbar anhand der Aufgabenstrukturhypothesen - ansprechen, deren Beherrschung nach den Annahmen dieser Theorie jeweils erst ab einer bestimmten Entwicklungsstufe möglich ist, werden die Aufgaben im linearen logistischen Denkmodell nur graduell nach ihrer Schwierigkeit - ebenfalls beschreibbar anhand der Aufgabenstrukturhypothesen - unterschieden. Analog charakterisiert die Theorie von I n h e l d e r & P i a g e t die Entwicklung des Proportionsbegriffes als einen qualitativen Wandel von Denkstrukturen ("Operationskenntnisstände"), während der Anwendung des linearen logistischen Denkmodells die Annahme einer quantitativen Veränderung der Aufgabenlösungsfähigkeit (gemessen anhand der Individualparameter) zugrunde liegt." (H. S p a d a, 1976, S. 321)

Anhand dieser empirischen Untersuchung von H. S p a d a über Denkaufgaben aus dem konkreten Handlungsbereich war es interessant, die Forschungen P i a g e ts bezüglich des konkreten Denkens, über die Bereiche des Sprachlichen und der visuellen Wahrnehmung hinaus, zu erweitern. In seiner Arbeit "Le Jugement et le Raisonnement chez L'enfant" (1957) zeigt P i a g e t auch konkrete Operationen im Sprachgebrauch des Kindes auf und weist in der visuellen Wahrnehmung des Kindes nach, daß es nur mit bestimmten Gruppenoperationen (Reihenbildung, Zuordnung, Klassifikation) erfolgreich umgehen kann. Daher stellen sich folgende Fragen:

1. Inwieweit lassen sich in der konkret-operatorischen Phase des Kindes gemeinsame formallogische Denkstrukturen im sprachlichen, visuellen und taktilen Bereich nachweisen?

2. Kann man Aufgaben für die o.g. drei Bereiche des konkreten Denkens entwickeln, die erkennen lassen, inwieweit ihre Lösung formallogisch qualitativ unterschiedliche Denkprozesse erfordert und inwieweit die Lösungsschwierigkeit der Aufgaben durch gemeinsame Strukturelemente bedingt ist?

Die Untersuchung dieser Fragen soll Gemeinsamkeiten der Informationsverarbeitung in verschiedenen Aufgabenbereichen erkennen lassen. Die Konformität der Verhaltensdaten mit einem linearen logistischen Denkmodell würde nur mit quantitativen Veränderungen in der Entwicklung der Denkoperationen des Kindes verträglich sein. Aus der "Stichproben-Unabhängigkeit" logistischer Modelle (F i s c h e r, 1974a) würde die Verallgemeinerbarkeit der Strukturhypothesen im Sinne einer allgemein psychologischen Grundlage individueller Entwicklungsverläufe folgen.

Praktische Anwendungsmöglichkeit der Untersuchung

Die Anwendung der Mengenlehre im Mathematikunterricht beabsichtigt, an exakte Begriffsbildungen, Regeln, Strukturen und die Entwicklung des Abstraktionsvermögens heranzuführen. Die Mengenlehre ist nur eine vereinfachte Form des Aussagenkalküls und der logischen Strukturen. Eine quantitative Feststellung des Schwierigkeitsgrades von Begriffsbildungen (sprachliche Aufgaben), konkreten Handlungen (physikalische Aufgaben) und visuellen Wahrnehmungen (rechnerische Symbole) mit Hilfe des Aussagenkalküls kann für die Vorbereitung eines angemessenen und optimalen Unterrichtsstoffs Hilfe leisten. Dadurch kann die häufig kritisierte Überforderung der Schüler vermieden werden.

1. Empirische Modellstudien an Aufgaben aus dem Bereich der auditiven, visuellen und taktilen Wahrnehmung

Erläuterung zum allgemeinen methodischen Vorgehen bei der Anwendung des Aussagenkalküls in psychologischen Strukturen

P i a g e t in seinem Buch 'De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent, 1955' stellt einen Isomorphismus zwischen den Operationen des Aussagenkalküls und den logischen Strukturen her. J.S. B r u n e r beschreibt in seinem Artikel 'A Psychologist's Viewpoint'[1] diesen Versuch:

"Another way of putting the matter is to say that Piaget is concerned with describing systematically the kinds of transformations that intervene between the input of a problem and the output of an attempted solution by a subject. To infer the nature of these transformations requires the externalizing of much behaviour in the form of attempted solutions, manipulation of problem materials, and 'justifications' of the adequacy of one's attempted solutions (i.e. attempted proofs). Whereas most psychologists who have attempted to describe such intervening transforms have used the empirically-oriented language of one or another psychological theory (e.g. Freud's 'dream work', Gestalt's theory 'principles of organization', Hull's 'habit family hierarchy'), Piaget proposes to describe them in terms of their correspondence to formal logical structures."

In einem anderen Artikel 'A Logician Viewpoint'[2] behauptet Ch. Pa r s o n s, daß die Art und Weise, in der P i a g e t logische Strukturen mit psychologischen Eigenschaften zu-

---

1) J.S. Bruner. Inhelder and Piaget's The Growth of Logical Thinking. A Psychologist's Viewpoint. British J. Psychology, 1959, 50, 363-370

2) Ch. Parsons. Inhelder and Piaget's The Growth of Logical Thinking. A Logician's Viewpoint. British J. Psychology, 1960, 51, 75-84

sammenbringt, Zweideutigkeiten enthält. "Although Piaget uses the standard notation of the propositional calculus, it turns out that he vacillates somewhat in his interpretation and his use of it obscures some features of inferences undoubtedly made by the subjects which logicians call logical. This vitiates the claim that propositional logic provides the essential structure of the final stage of logical development. ... Moreover, what of his claim that there are sixteen 'binary operations'? If he means that there are sixteen distinct truth-functions of two arguments, this is of course demonstrably true. If he means that there are only sixteen distinct logical functions of two propositional functions of one variable, this is demonstrably false, even if we assume that what is meant by 'logical functions' involves expressibility in the notation of truth-functions and quantification."

J.S. B r u n e r gibt ein Beispiel für diese zweideutige Interpretationsweise: "The rods differ in length, in thickness, in composition (brass, steel, etc.), and in shape (round, square, rectangular). The subject has the task of determining whether or not a given rod is flexible enough to bend under a given weight and reach the water in the basin and of explaining why it does or does not do so. The subject says for example, 'This rod bends because it is made of steel'. Can we be sure whether he is using strict implication or whether the statement merely involves class inclusion: 'This bar is steel', and 'All steel bars are flexible' in contrast to 'If a bar is stell, then it is flexible'. Clearly one cannot do this unambiguously."

S c h e i b l e c h n e r (1972) versuchte diese Zweideutigkeiten mit Hilfe eines probabilistischen Meßmodells zu beseitigen: "Es gibt nur einen Aussagenkalkül - gleichgültig, ob man die Aussagenlogik auf Kreisdiagramme (Venn'sche Diagramme), auf Buchstabensymbole oder auf sinnvolle Begriffe anwendet, der Kalkül bleibt formal stets derselbe. Nicht so aber die psychologische Theorie der Lösungsprozesse aussagen-

logischer Formeln bei verschiedenen Testmaterialien. Der inhaltliche Aspekt der Testaufgaben, also das Material, ändert durch die jeweils neuen, materialspezifischen Operationen häufig entscheidend die Lösungswahrscheinlichkeiten und das Lösungsverhalten der Vpn. Bei Anwendung der bisher üblichen Analyseverfahren wird man je nach Art des Materials a priori eine eigene 'Psychologik' bilden müssen, obwohl es sich formal um denselben Kalkül handelt. Durch die Entwicklung geeigneter Modellvorstellungen jedoch kann man den Stichprobeneinfluß in bezug auf die Individuen und sogar in bezug auf die verwendeten Testmaterialien auszuschalten trachten. Im engeren Sinn bietet das mehrfaktorielle Modell - geeignete Parameterschätzverfahren vorausgesetzt - die Möglichkeit, bei gegebenem Testmaterial die Parameter der Elementaroperationen so zu schätzen, daß es auf die Stichprobe der im Test verwendeten Aufgaben und Operationen nicht mehr ankommt."

In seiner Untersuchung erhielt S c h e i b l e c h n e r (1972, folgende Resultate: "Mit dem positiven Ausgang des Modelltests ist bereits das erste psychologisch wesentliche Resultat gegeben: die einstellige Operation der Negation, die zweistelligen Operationen, zusammengesetzte Formeln bis schließlich zur Komplexitätsstufe von aussagenlogischen Theoremen bilden eine im Sinne des Modells von Rasch homogene Menge von Testaufgaben... Es gibt also eine 'aussagenlogische Denkfähigkeit', mit deren Hilfe der menschliche Verstand sowohl die eher Genauigkeit und Detailbeachtung erfordernden elementaren logischen Operationen auszuführen in der Lage ist, als auch die mehr auf die Erfassung der ganzen Gestalt einer Formel gerichteten Denkprozesse durchzuführen vermag."

Durch die kasuistische Arbeitsweise P i a g e ts, d.h. durch die bloß inhaltlich psychologische Interpretation einzelner Äußerungen von Vpn aus Vs-Protokollen resultieren Zweideutigkeiten. Die Zitate von B r u n e r und P a r s o n s belegen diese Zweideutigkeiten, die durch die Verwendung logischer Begriffe zur Beschreibung des Verhaltens der Vpn ent-

stehen. Diese Zweideutigkeiten können vermieden werden, wenn man die intuitiv psychologische Interpretation des Verhaltens der Vpn durch empirisch (statistisch) testbare Konsequenzen einer formalisierten Theorie des Verhaltens ersetzt. Die Beschreibung der logischen Struktur von Denkaufgaben durch logische Begriffe ist ohne Mehrdeutigkeiten möglich. Diese Beschreibung der Aufgabenstruktur kann man in das dichotome logistische Modell von R a s c h integrieren, woraus sich eindeutig statistisch testbare Konsequenzen für das erwartete Lösungsverhalten der Vpn ergeben. Wenn man auf diese Weise z.B. einen Isomorphismus des Lösungsverhaltens der Vpn bei visuellen Denkaufgaben, bei verbalen Aufgaben und bei Waagebalkenaufgaben nachweist, so kann man sich anstelle einer intuitiven Interpretation auf eine eindeutig festgelegte Verwendung der logischen Begriffe bei der Beschreibung der Aufgabenstruktur und auf eine eindeutig festgelegte empirische Bedeutung der logischen Begriffe im Sinne eines empirisch testbaren Modells berufen.

1.1. Untersuchungsziel, Untersuchungsablauf und Charakteristika der analysierten Aufgaben

Mit Hilfe des linearen logistischen Modells (vgl. C o x, 1970; S c h e i b l e c h n e r, 1971c; F i s c h e r, 1972b; F i s c h e r & F o r m a n n, 1972; F i s c h e r, 1973a) kann man untersuchen Entwicklungsverläufe und Unterschiede im Aufgabenlösungsverfahren von Kindern zwischen 6 bis 8 Jahren.

Die Hypothesen über die psychologische Struktur der Aufgaben mit der Annahme der Gültigkeit des linearen logischen Modells geben auch - ebenso wie die Operationen, aus denen die Aufgaben bestehen - Informationen über deren psychologische Komplexität.

Dieses Modell, das für denk- und lernpsychologische Analysen in der Unterrichtsforschung verwendet wird, hat folgende formale Struktur:

$$p\{V_{p,v} \quad \text{löst Aufgabe } i\} = \frac{\exp(\xi_v - \sigma_i)}{1 + \exp(\xi_v - \sigma_i)}$$

$$= \frac{\exp\left(\xi_v - \sum_{j=1}^{m} f_{ij}\alpha_j + c\right)}{1 + \exp(\ldots\ldots\ldots)}$$

Es bezeichnet:

ξ_v ... die Fähigkeit der v-ten Person, Aufgaben der betreffenden Art zu lösen

$\sigma_i = \sum_{j=1}^{m} f_{ij}\alpha_j + c$ ... die Schwierigkeit der i-ten Aufgabe als Funktion der Operationsparameter α_j und der Gewichtszahlen f_{ij}

α_j ... Schwierigkeit der j-ten Operation (im Normalfall $\alpha_j > 0$)

f_{ij} ... Häufigkeit (Gewicht, Ausmaß) des Auftretens der Operation j bei Aufgabe i

c ... Normierungskonstante

Bei der Erstellung der Aufgaben und der Hypothesen über die Aufgabenstruktur könnte man sich auf die von P i a g e t in der Literatur angeführten Aufgaben stützen (z.B. "Le jugement et le raisonnement chez l'enfant" und "De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent"). Es schien mir jedoch angezeigt, das Verfahren anzuwenden, das S c h e i b l e c h n e r in der Arbeit "Das Lernen und Lösen komplexer Denkaufgaben (1973) angewandt hat, in der das Aussagenkalkül als eine grundlegende Fähigkeit des Denkens untersucht wurde.

Die Operationen des Aussagenkalküls stehen in einem engen Zusammenhang mit den P i a g e t'schen Operationen. Die Anwendung des Aussagenkalküls war bei der Aufgabenkonstruktion sehr hilfreich, da dadurch der Parallelismus zwischen den sprachlichen und visuellen Wahrnehmungs- und taktilen Handlungsaufgaben eindeutig erfaßbar und ein vom Versuchsmaterial unabhängiger Test möglich wurde. Die Erstellung von Aufgaben in allen drei Bereichen, die unterschiedliche und vergleichbare Schwierigkeitsgrade haben sollen, wird durch die Kombination der Operationen des Aussagenkalküls sehr erleichtert. Die Untersuchung wurde an 200 Kindern im Alter von 6 bis 8 Jahren durchgeführt. Einen detaillierten Überblick über die Zusammensetzung der Stichprobe nach Alter, Geschlecht, Ort und Herkunft gibt Tabelle 1.1.

Die Kinder wurden einzeln getestet. Für Kinder unter 6,5 Jahren waren Pausen nach den Testteilen nötig. Der Test bestand aus 3 Aufgabentypen, 35 visuellen Wahrnehmungsaufgaben mit unterschiedlichen, jeweils in Vierergruppen angeordneten Bildern oder geometrischen Figuren, 20 auditiven Wahrnehmungsaufgaben mit verschiedenen Worten und 20 Handlungsaufgaben mit einer Federwaage.

Um das Interesse der Kinder zu wecken, wurden bei der Vorgabe des Tests Spielinstruktionen ("Möchtest du die Bilder ansehen?" oder "Möchtest du mit dieser Waage spielen?") vorausgeschickt.

Tabelle 1.1: Verteilung der Gesamtstichproben nach Alter, Geschlecht und Testort

Teilstichproben	Kinderzahl
Kinder aus Kindertagesstätten	120
Keine Kindertagesstätten-Kinder	80
Kinder über 7 J. $(x>7)$	91
Kinder unter 7 J. $(x\leq 7)$	109
Kinder über 7,5 J. $(x>7,5)$	62
Kinder zwischen 6,5 und 7,5 J. $(6,5\leq x\leq 7,5)$	95
Kinder unter 6,5 J. $(x<6,5)$	43
Kinder über 6 J. $(x>6)$	157
Kinder unter 6 J. $(x\leq 6)$	43
Männlich	114
Weiblich	86
Gesamtstichprobe	200

Die Kinder erlebten daher das Experiment eher wie eine "Spielsituation" als wie eine "Testsituation". Die Antworten brauchten die Probanden nur mit den Fingern zu zeigen oder - beim sprachlichen Teil des Testes - akustisch zu wiederholen, wobei der Versuchsleiter die Ergebnisse auf dem Fragebogen notierte. Rückmeldungen an die Probanden wurden nicht gegeben, auch dann nicht, wenn von den Kindern Fragen über die Richtigkeit der Antworten gestellt wurden, was besonders bei der Arbeit an der Federwaage der Fall war. Je nach Alter der Probanden dauerte der Test zwischen 30 und 45 Minuten. Der Test ist als ein "Multiple choice"-Test anzusehen, wobei jedoch am Testende von einigen Probanden verbale Äußerungen über das allgemeine Lösungsverfahren z.B. betreffs der Bilder- oder

oder Wörteraufgaben verlangt wurden. Die Äußerungen der Kinder wurden wörtlich auf den Protokollbögen festgehalten.

1.2. Visuelle Wahrnehmungsaufgaben

Bei der Konstruktion der visuellen Wahrnehmungsaufgaben wurden Zeichnungen von Gegenständen aus der Umwelt verwandt, die aus der konkreten Umwelt der Kinder stammen. Aus unserer Umwelt erhalten wir Stimuli konkret auffaßbarer Gegenstände, abstrakter Formen oder symbolhafter Zeichen.

Mit Hilfe geeignet konstruierter Aufgaben mit graduellen Schwierigkeitsunterschieden läßt sich die Entwicklung der Auffassungsfähigkeit der Kinder vom Erfassen konkreter Zeichnungen bis zum Erfassen von abstrakten Symbolen analysieren. Die Entwicklung der kindlichen Auffassungsfähigkeit läßt sich insbesondere mit Hilfe von Aufgaben aufzeigen, die eine dem Aussagenkalkül äquivalente Struktur aufweisen.

1.2.1. Aufgaben-Struktur-Hypothesen

In Bezug auf das konkrete Denken postulieren P i a g e t & I n h e l d e r (1955), daß die Kinder von Fall zu Fall und von Aufgabe zu Aufgabe jeweils neu entscheiden und denken, eine Verinnerlichung der Regeln also nicht vorgenommen wird. Die einzigen Operationen, die Kinder in diesem Stadium nach P i a g e t & I n h e l d e r ausführen können, sind Klassen- und Reihenbildungen und Zuordnungen.

Entsprechend dieser Hypothese können Kinder, wenn man mit Hilfe des Aussagenkalküls solche Aufgaben konstruiert und diese einen zunehmenden Schwierigkeitsgrad haben, genau die Aufgaben lösen, für die sie die nötigen Operationen beherrschen, die anderen jedoch nicht. Ein solches Aufgabenlösungsverhalten kommt dem deterministischen Denkmodell von S c a n d u r a (1971) nahe.

Dieses deterministische Redaktionsmodell schließt jedoch nicht aus, daß Kinder, die sich auf einer späteren Entwicklungsstufe befinden, die Aufgaben, die Operationen eines früheren Entwicklungsstadiums erfordern, ebenfalls lösen, da die Operationen der späteren Entwicklungsstufe umfassender sind und die vorangehenden, einfacheren ersetzen. Geht man bei der Aufgabenkonstruktion davon aus, so ist die Aufgabenstrukturmatrix nach dem deterministischen Denkmodell für jüngere Kinder im Vergleich zu älteren nicht gleich.

Die Anwendung des linearen logistischen Modells ermöglicht die Herausarbeitung dieser Unterschiede der Denkstrukturen. Daher lege ich meiner Arbeit die Annahme eines linearen logistischen Modells zugrunde. Ich gehe davon aus, daß

a) mit zunehmendem Alter die quantitativ, in den Individualparametern erfaßbare, interindividuell unterschiedliche Fähigkeit, Aufgaben dieser Art zu lösen, wächst;

b) die einzelnen zur Lösung der Aufgaben erforderlichen Denkoperationen eine deutlich differenzierende, quantitativ in den Denkparametern erfaßbare Schwierigkeit aufweisen.

Die Geltung dieser Annahmen kann mit Hilfe der statistischen Tests, die für das lineare logistische Modell entwickelt wurden geprüft werden.

1.2.2. Folgerungen für die Konstruktion von visuellen Wahrnehmungsaufgaben

Die visuellen Wahrnehmungsaufgaben wurden in Form von Papier-Bleistift-Tests vorgelegt. Der Vl. kreuzte auf dem Fragebogen die gegebenen Antworten an. Schriftliches Aufgabenmaterial in dieser Form besitzt selbstverständlich einen höheren Schwierigkeitsgrad als z.B. die Aufgabensammlung mit der Federwaage, wo dem Kind manuelles Handeln möglich ist. Während der Tests wurden den Probanden keine Hinweise über die Richtigkeit der Antworten gegeben. Damit wurde der Rückkopplungseffekt ausgeschaltet und eine höhere Objektivität ermöglicht im Gegensatz zu den Arbeiten von P i a g e t & I n h e l d e r , die teilweise mit Zwischenfragen die Lösung der Aufgaben hervorgebracht haben. Die oben angeführte Verfahrensweise war auch bezüglich der Voraussetzungen des linearen logistischen Modells notwendig.

Ein mehrfaktorielles Design zur Erstellung von Aufgaben sollte - um das lineare logistische Modell anwenden zu können - Operationen mit immer komplexeren Schwierigkeiten beinhalten. Um solche Aufgaben zu konstruieren, habe ich die Disjunktion oder Vereinigungsmengenbildung des Aussagenkalküls benutzt. Ein Sonderfall der Disjunktion ist in der Mathematik das Feststellen der Identität. Die ersten Aufgaben, die ich erstellt habe, kamen durch Anwendung der "Identitätsfeststellung" zustande. Die folgenden Aufgaben bestehen aus komplexen Kombinationen der o.g. Operationen. Da die Disjunktion das Feststellen der Identität als Spezialfall umfaßt, kam die erwünschte abgestufe Schwierigkeit der vorgegebenen Aufgaben zustande.

Das Feststellen der Identität entspricht einer einfachen Art von Klassenbildung, die nach P i a g e t typisches Merkmal des konkretoperationalen Denkens ist. Nach P i a g e t & I n h e l d e r sollten Kinder in dieser Phase nur die Aufgaben, die das Feststellen der Identität erfordern, lösen können, die anderen jedoch nicht. Bei der Auswertung sollte auch diese Aussage überprüft werden.

Eine andere Möglichkeit, die Schwierigkeit der Aufgaben zu erhöhen, ist die Variation des Differenzierungsgrades der konkreten oder abstrakten Stimuli in den Aufgaben. Nach P i a g e t kann das Kind nur mit konkreten und differenzierbaren Stimuli umgehen, wodurch seine Handlungsfähigkeit beschränkt ist.

Interessant ist es, auch in diesem Bereich die Entwicklung des Kindes zu untersuchen. Um hierbei konkrete Aussagen machen zu können, habe ich einmal Aufgaben mit konkret differenzierbaren Stimuli und zum anderen mit abstrakten, sehr schwer differenzierbaren Stimuli erstellt. Intuitiv ist leicht einzusehen, daß die Kinder, die die Aufgaben mit schwer differenzierbaren Stimuli lösen, auch in der Lage sind, Aufgaben mit konkreten Stimuli zu lösen, da das Kind ja viel eher und leichter die Zeichen (Gegenstände, Lebewesen) seiner alltäglichen Umgebung erfassen kann, als symbolische Zeichen - wie z.B. Hexagone -, denen es keine Bedeutung beimessen kann und die daher wenig interessant für es sind.

Zur Erläuterung der oben angeführten Aufgabenstrukturhypothesen zeigt Abbildung 1.2 einige ausgewählte Aufgabenbeispiele.

Die Beispiele der Abbildung 1.2 verdeutlichen, daß und auf welche Weise die Aufgaben aus dem Bereich der visuellen Wahrnehmung in vier Untergruppen unterteilt sind. In der 1. Untergruppe mit dem Lösungsbeispiel 00 muß zur Aufgabenlösung jeweils die Identität festgestellt werden. Der Aufbau dieses Testteils, die Reihenfolge der Aufgaben, verläuft von einfacheren, konkreten zu abstrakten, für das Kind schwierigeren Inhalten.

So hat die Aufgabe 02 Tierbilder zum Inhalt, die der konkreten Umwelt bzw. Vorstellungswelt des Kindes entnommen sind,und ist daher für das Kind leichter zu lösen. Am Ende der Aufgabenreihe der 1. Untergruppe werden den Kindern Hexagone - also abstrakte Zeichen - als Aufgabeninhalt angeboten, wie z.B. in

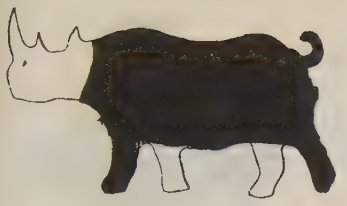
Abbildung: 1.2.

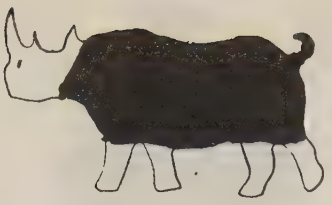
00

Beispiel: 00
Hier siehst Du ein Nashorn. (1. Nashorn wird gezeigt)
Das ist ein anderes Nashorn. (2. Nashorn wird gezeigt)
Als nächstes zeige ich Dir dieses Nashorn. (das rot eingerahmte Nashorn wird gezeigt)
Suche jetzt bei den folgenden Bildern, wie bei den Nashörnern, immer das Bild, das als nächstes kommen muß!

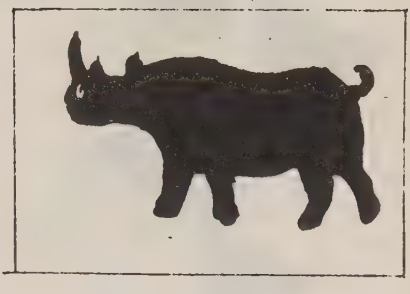
02

Aufgabe Nr. 02
Hier siehst Du einen Löwen (1. Löwe wird gezeigt)
Das ist ein anderer Löwe (2. Löwe wird gezeigt)
Welcher von diesen Löwen kommt jetzt als nächster ? (die vier Löwen der Antwort möglichkeiten werden gezeigt)

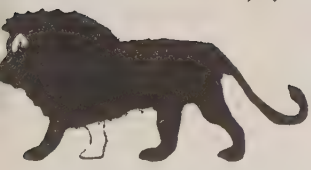




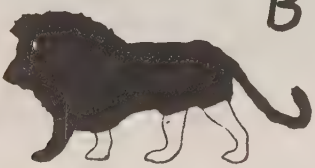
00



A



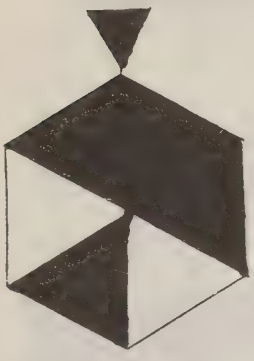
B



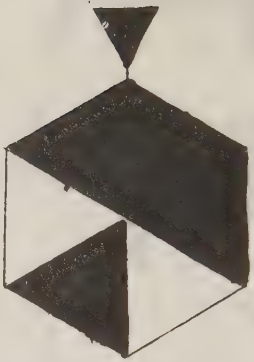
02

C

D



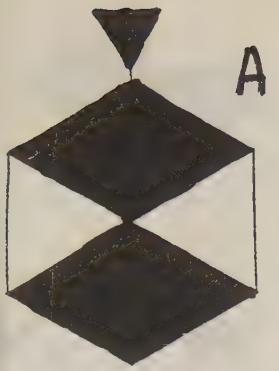
07



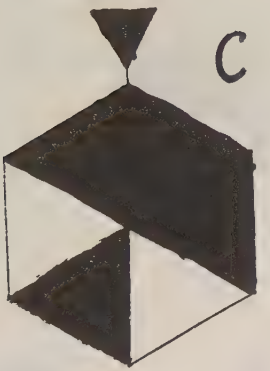
Aufgabe Nr. 07
Hier siehst Du ein Sechseck (1. Hexagon wird gezeigt)
Dann ist es ein anderes Sechseck (2. Hexagon wird gezeigt)
Welches von diesen Sechsecken kommt jetzt als nächstes ? (die vier Hexagone der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

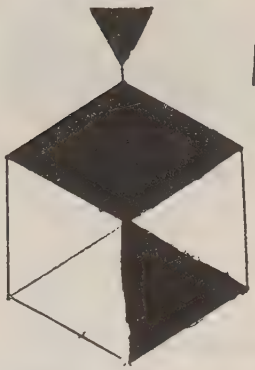
Während der ganzen Zeit, während der diese Aufgaben von den Kindern gelöst werden sollten, war die Beispielaufgabe (Beispiel Nr. 00) auf einem Notenständer für das Kind gut sichtbar angebracht und wurde als Lösungsbeispiel im Verlauf dieses Testteiles öfter wiederholt.

In diesem ersten Testteil sollten die Kinder erkennen, daß es bei der Lösung der Aufgaben immer um das Feststellen der Identität geht.

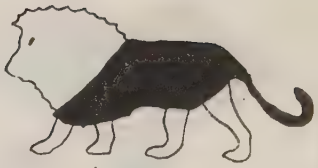


.07



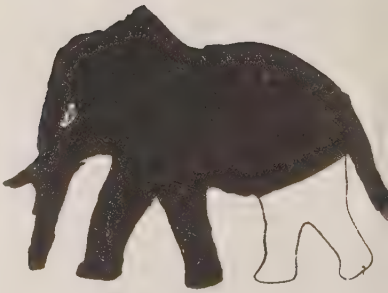


10

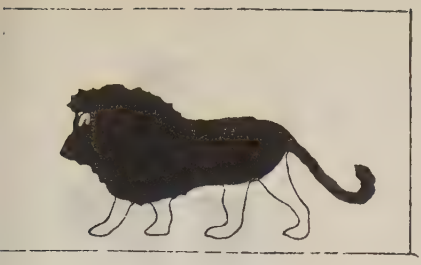


Beispiel: 10
Hier siehst Du einen Löwen. (1. Löwe wird gezeigt)
Das ist ein anderer Löwe. (2. Löwe wird gezeigt)
Welches der beiden Tiere ich mir diesen Löwen. (der rot eingerahmte Löwe
[illegible]
Achte jetzt bei den folgenden Bildern, wie bei den Löwen, immer das
der Bilder siehst kommen muß!

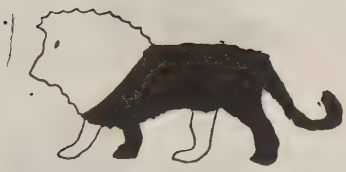
11

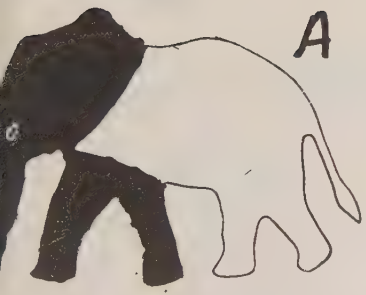


Aufgabe Nr. 11
Hier siehst Du einen Elefant. (1. Elefant wird gezeigt)
Das ist ein anderer Elefant. (2. Elefant wird gezeigt)
Welcher von diesen Elefanten kommt jetzt als nächster ? (die vier Elefa
der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

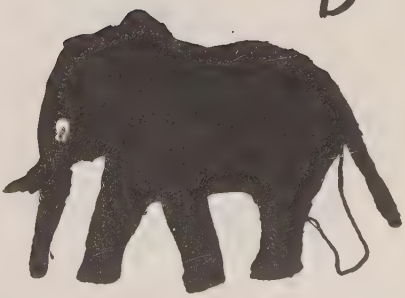


10

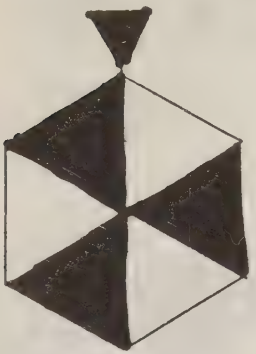




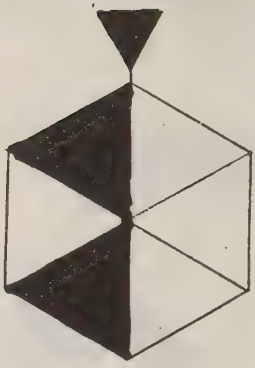
11



Fortsetzung der Abbildung 1.2.

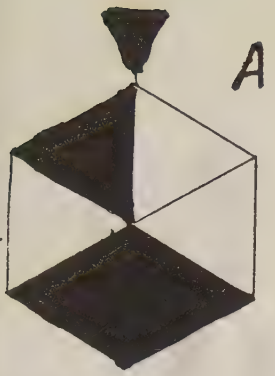


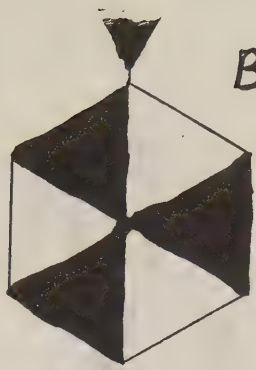
18



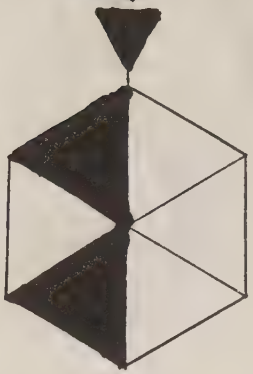
Aufgabe Nr. 18
Hier siehst Du ein Sechseck. (1. Hexagon wird gezeigt)
Das ist ein anderes Sechseck. (2. Hexagon wird gezeigt)
Welches von diesen Sechsecken kommt jetzt als nächstes. (die vier Hexagone der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

Während der Durchführung dises Testteils in dem zur Lösung der Aufgaben die Disjunktion angewandt werden muß, befand sich die Beispielaufgabe 10 für das Kind gut sichtbar auf einem Notenständer und wurde als beispielhafter Lösungsweg einige Male wiederholt.





18



20

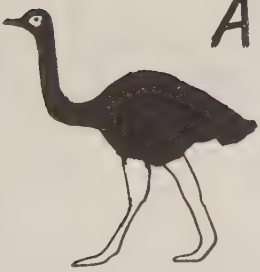
Beispiel: 20
Hier siehst Du ein Kamel. (1. Kamel wird gezeigt)
Das ist ein anderes Kamel (2. Kamel wird gezeigt)
Als nächstes zeige ich dir dieses Kamel. (Das rot eingerahmte Kamel wird gezeigt)
Achte jetzt bei den folgenden Bildern, wie bei den Kamelen, immer das Bild als nächstes kommen muß!

Fortsetzung der Abbildung 1.2.

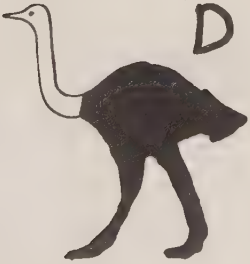
22

Aufgabe Nr. 22
Hier siehst Du einen Strauß(1. Strauß wird gezeigt)
Das ist ein anderer Strauß (2. Strauß wird gezeigt)
Welcher von diesen Straußen kommt jetzt als nächster ? (die vier Straußen Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

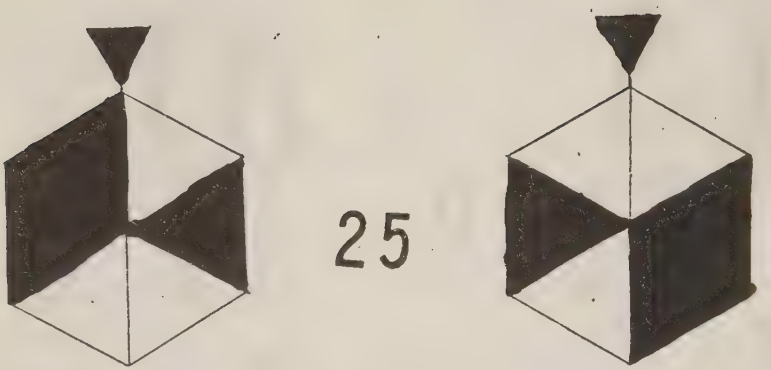
20



22

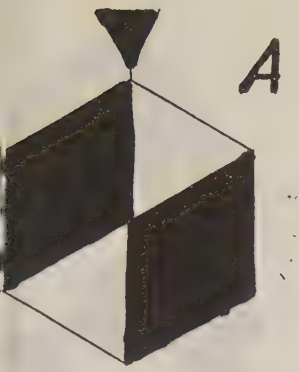


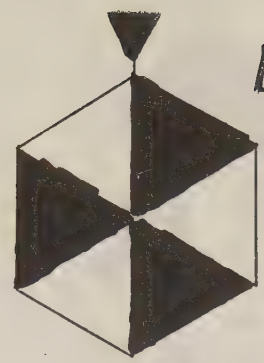
Fortsetzung der Abbildung 1.2.

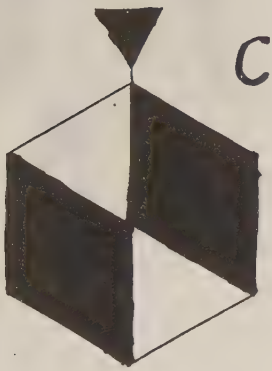


Aufgabe Nr. 2
Hier siehst Du ein Sechseck (1. Hexagon wird gezeigt)
Und hier ein anderes Sechseck (2. Hexagon wird gezeigt)
Welches von Sechsecken kommt jetzt als nächstes ? (die vier Hexagone der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

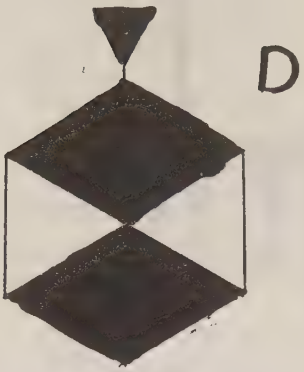
Während der Durchführung dieses Teiles, in dem zur Lösung der Aufgaben die Disjunktion angewandt werden muß, befand sich die Beispielaufgabe 2b für das Kind gut sichtbar auf einem Notenständer und wurde als beispielhafter Lösungsweg mehrmals wiederholt.







25

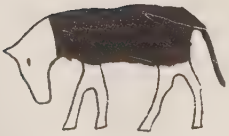


Worte [illegible] der Abbildung 1.).

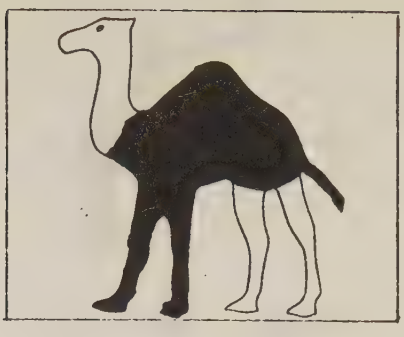
30

Beispiel: 30
Hier siehst Du ein Kamel. (1. Kamel wird gezeigt)
Das ist ein anderes Kamel. (2. Kamel wird gezeigt)
Als nächsten zeige ich Dir dieses Kamel. (das rot eingerahmte Kamel wird gezeigt)
Suche jetzt bei den folgenden Bildern, wie bei den Kamelen, immer das Bild aus, das als nächstes kommen muß!

Aufgabe Nr. 35
Hier siehst Du einen Esel. (1.Esel wird gezeigt)
Das ist ein anderer Esel. (2.Esel wird gezeigt)
Welcher von diesen Eseln kommt jetzt als nächster ? (die vier Eseln der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)



35



30

A

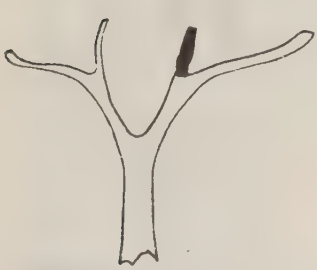
B

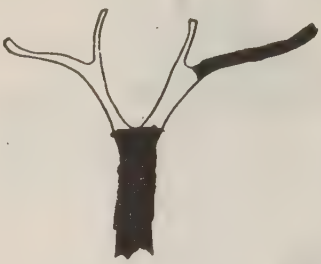
C

D

35

Aufgabe Nr. 36
Hier siehst Du einen Baum. (1. Baum wird gezeigt)
Das ist ein anderer Baum. (2. Baum wird gezeigt)
Welcher von diser Bäume kömmt jetzt als nächster ? (die vier Bäume der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

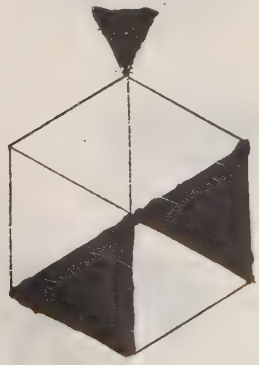


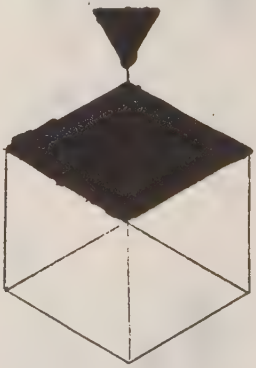


36

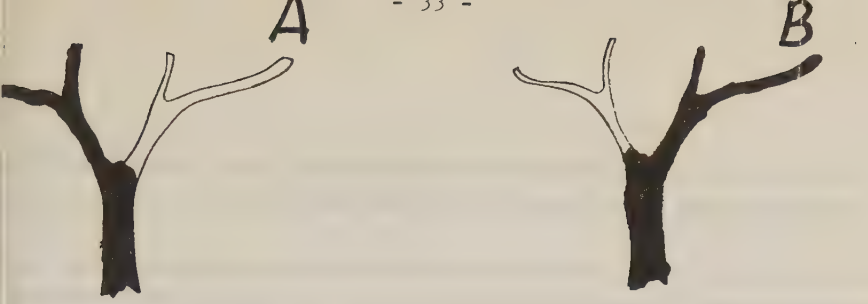
Aufgabe Nr. 37
Hier siehst Du ein Sechseck.(1. Hexagon wird gezeigt)
Das ist ein anderes Sechseck (2.Hexagon wird gezeigt)
Welches von diesen Sechsecken kommt jetzt als nächstes ? (die vier Hexagone der Antwortmöglichkeiten werden gezeigt)

37

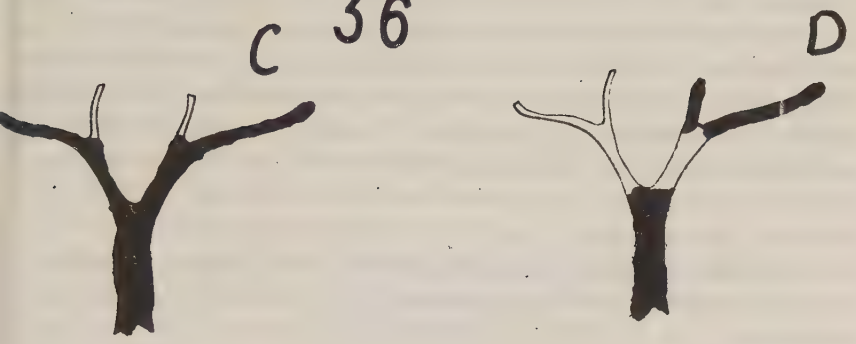


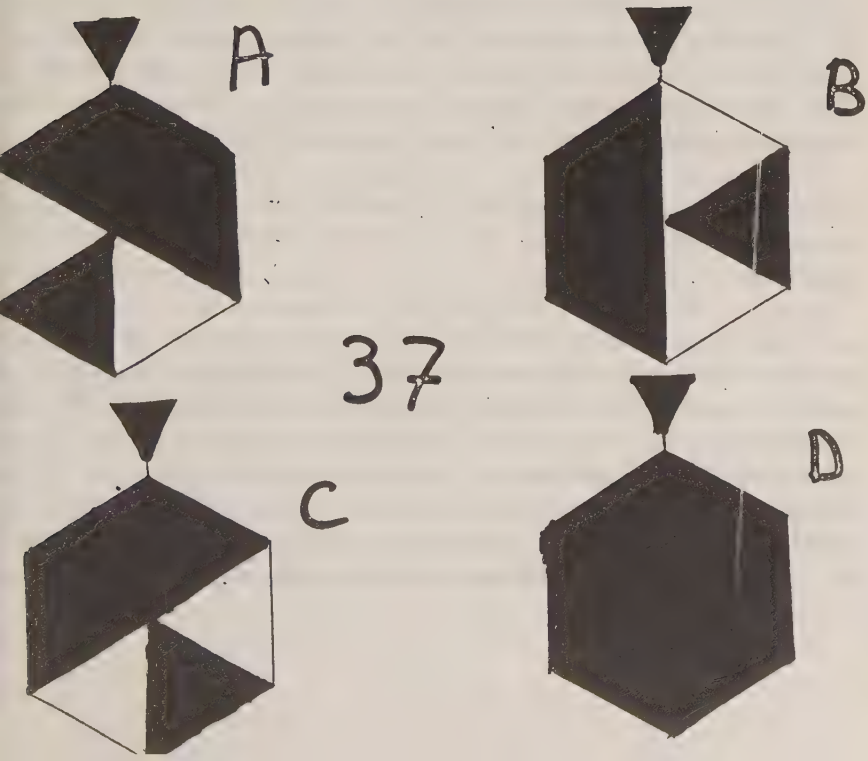


Während der ganzen Zeit, der Durchführung dises Testteils, in dem zur Lösu der Aufgaben die Disjunktion angewandt werden muß, befand sich die Beispi Aufgabe 30 für das Kind gut sichtbar auf einem Notenständer und wurde als beispielhafter Lösungsweg einige Male wiederholt.



36





Aufgabe Nr. 07. Solche Aufgabeninhalte sind für Kinder weniger interessant und damit auch schwieriger zu lösen.

Die richtige Lösung der Aufgaben der 2. Untergruppe ist nur mit Hilfe der "Disjunktion" möglich. Die "Disjunktion" besteht hierbei, wie im Beispiel 10 gezeigt, in der Ergänzung der schwarzen Teile. In dieser Untergruppe braucht das Kind nur einen Teil zu ergänzen, weil die anderen Teile identisch sind. Ähnlich wie in der 1. Untergruppe beginnt auch in der 2. Untergruppe die Aufgabenreihe mit Tierbildern und endet mit Hexagonen. Die Ergänzung fällt den Kindern bei den "Tieraufgaben" leichter, da hierbei die einzelnen Körperteile der Tiere (Vorder-, Hinterbeine, Kopf usw.) genau und konkret differenzierbar sind. Im Vergleich dazu erweist sich in den Aufgaben mit den Hexagonen die Differenzierbarkeit einzelner Teile als schwieriger, da die Zeichen abstrakter sind und sich noch dazu sehr ähneln.

Die 3.Aufgabenuntergruppe beginnt mit dem Beispiel 20 und umfaßt Aufgaben wie Nr. 22 und 25. Der Aufbau dieser Aufgabenreihe ähnelt dem der 2. Untergruppe, wobei jedoch der wesentliche Unterschied darin besteht, daß in der 3. Untergruppe die Disjunktion meistens zweimal angewandt werden muß.

In der 4. Untergruppe muß die Disjunktion meistens dreimal angewandt werden; dabei erhöht sich der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben.

Nach den obenstehenden Ausführungen sollte deutlich geworden sein, daß der Aufbau dieses Testteils, die Reihenfolge der Aufgaben aus dem Bereich der visuellen Wahrnehmung, den Erfordernissen der Theorie von P i a g e t entspricht und daß sich diese Hypothesen in das Strukturmodell des linearen logistischen Modells übertragen lassen. An erster Stelle steht hier das Feststellen der Indentität, dann folgt die Anwendung der Disjunktion, und zwar erst einmal, dann zweimal und

schließlich dreimal. Diese Verfahrensweise erfüllt die Forderung des graduellen Schwierigkeitsanstiegs der Aufgaben.

Darüber hinaus läßt sich auch durch dieses Konstruktionsprinzip überprüfen, inwieweit die relative Schwierigkeit einer Operation, meßbar anhand des Operationsparameters, für ein bestimmtes Alter konstant bleibt; wobei die relative Schwierigkeit einer Operation die Aufgabenschwierigkeit mitbestimmt. Bei der Durchführung des Testes war daher zu erwarten, daß 8jährige und ältere Kinder, die die 4. Untergruppe der Aufgaben richtig lösten, auch die 1., 2. und 3. Untergruppe bewältigen konnten.

1.3. Hypothesen zur Aufgabenstruktur der Aufgaben aus dem Bereich der auditiven Wahrnehmung (verbaler Bereich)

P i a g e t spricht in seiner Arbeit "Le jugement et le raisonnement chez l'enfant" (1967) auch die Merkmale der Satzbildung des Kindes an. In der konkret-operationalen Phase kann das Kind keine allgemeinen Aussagen konstruieren und keine Strukturen daraus im Einzelfall anwenden. In dieser Phase werden die Aussagen aneinander gereiht, nicht logisch verknüpft. Das folgende Beispiel soll dies erläutern: Das Kind sagt: "Das ist aus Granit und hart"; nicht aber: "Das ist hart, weil es aus Granit ist" (P i a g e t, 1957, S. 47).

Nach P i a g e t kommt diese letzte Satzbildung so selten vor, weil die hier benutzte Konjunktion "weil" eine logische Verknüpfung erfordert, über die die Kinder in der konkret-operationalen Phase noch nicht verfügen, ebenso wie sie nicht über die Fähigkeit zur Deduktion (Beispiel: Alle Granite sind hart; das ist auch aus Granit; deshalb ist es hart) verfügen. J. P i a g e t folgert, daß die Konjunktionen "weil", "deshalb", "obwohl" u.a.m. bei der Satzbildung erst in der formal-operationalen Phase erscheinen, in der die Fähigkeit zur logischen Verbindung von Aussagen vorhanden ist.

Nach P i a g e t unterscheidet sich daher die Satzbildung auf Grund der Entwicklung der logischen Denkfähigkeit in der formal-operationalen Phase in qualitativer Hinsicht grundlegend von der Satzbildung in der konkret-operationalen Phase. Die Annahme dieser Theorie impliziert, daß Kinder im Alter von 7 bis 8 Jahren nicht die logischen Verknüpfungsoperationen beherrschen und in ihrer Satzbildung die einzelnen Aussagen aneinanderreihen.

Nach P i a g e t (1957) besteht hinsichtlich der Satzbildung auf Grund der logischen Denkfähigkeit ein qualitativer Unterschied zwischen der formal-operationalen und der konkret-operationalen Phase. Diese Theorie impliziert, daß Kinder im Alter von 7 bis 8 Jahren die logischen Verbindungsoperationen nicht beherrschen und bei der Satzbildung die Wörter aneinanderreihen. Wenn die Theorie P i a g e ts richtig ist, dann müssen die verbalen Denkaufgaben weitgehend dem deterministischen Modell von S c a n d u r a (1971) entsprechen. Wenn die verbalen Aufgaben jedoch dem linearen logistischen Modell entsprechen, dann impliziert die Modellkonformität eine geordnete (quantitative) Entwicklung der Fähigkeit der Verwendung der logischen und verbalen Verknüpfungsoperationen.

Bei der Anwendung des linearen logistischen Modells mußt die Aufgabenreihe Aufgaben mit steigendem Schwierigkeitsgrad und umfassenden logischen Operationen enthalten, damit die quantitativ zunehmende Entwicklung der logischen und verbalen Denkfähigkeit mit Hilfe der Operationsparameter beurteilt werden kann.

1.3.1. Folgerungen für die Konstruktion von Aufgaben aus dem Bereich der auditiven Wahrnehmung

Um die Entwicklung der Verwendung logischer Operationen beim Kind zu untersuchen, scheint mir auch im Bereich der auditiven verbalen Wahrnehmung die Anwendung des Aussagenkalküls am besten geeignet zu sein. Daher habe ich dieses Verfahren bei der Bildung von Oberbegriffen und Synonymen anzuwenden versucht und bei der Erstellung der Aufgaben - parallel zur

Aufgabenreihe im Bereich der visuellen Wahrnehmung - als Operationen die Disjunktion und das Feststellen der Identität benutzt. Die theoretische Annahme bei der Konstruktion der Aufgaben beruht darauf, daß die Relationen Ganzes - Teil, Ober- Unterbegriff, Menge - Teilmenge suchen,der Bildung einer Äquivalenzklasse entspricht. R. O l v e r und J. H o r n s b y (J. B r u n e r, 1971, S. 97-116) haben in ihren Arbeiten die Bildung solcher Äquivalenzklassen für 6-19-jährige Vpn untersucht. In diesen Arbeiten stellte sich heraus, daß die Oberbegriffsbildung, Ganzes - Teil Zuordnung und Menge - Teilmenge Feststellung ein entscheidendes Merkmal der Entwicklung der Organisationsform des Denkens waren. Mit dieser Verfahrensweise habe ich gleichzeitig eine adäquate Strukturierung der Aufgaben für die Anwendung des linearen logistischen Modells erreicht.

Das mehrfaktorielle Design bei der Erstellung der Aufgaben besteht zum einen darin, daß bei der Lösung der Aufgaben einfache bis komplexe logische Operationen gefordert werden und zum anderen differenzierbare, konkrete Begriffe aus der Umwelt des Kindes, aber auch - im Vergleich dazu - schwerer differenzierbare, abstrakte Begriffe als Stimuli benutzt werden. Bei diesem Verfahren umfassen die komplexeren logischen Operationskombinationen immer auch die einfacheren Operationen im Aufgabenlösungsverfahren. Von daher läßt sich auch verstehen, daß die Kinder, die mit Abstrakta umgehen können, auch die konkreten Begriffe bzw. Wörter kennen und beherrschen.

Neben diesen beiden oben angeführten Bedingungen, die die Erfordernisse des logistischen Modells erfüllen, war die Wahl von Oberbegriffen ein weiterer Gesichtspunkt bei der Erstellung der Aufgabenreihen. Die Begriffe sollen aus verschiedenen Bereichen des Sprachgebrauchs stammen und alltägliche Gegenstände, anatomische, soziale und psychologische Begriffe umfassen, die Gefühlszustände beschreiben.

Aufgaben, die die verschiedenen sprachlichen Bereiche abdecken, lassen u.a. einen Vergleich der Denkweise des Kindes im physikalischen, psychologischen und sozialen Bereich zu. Weiterhin kann uns die Anwendung des Aussagenkalküls bei der Aufgabenkonstruktion Hinweise auf die mögliche Verwendung formal-logischer Operationen im Sprachunterricht geben.

1.3.2. Aufgabenkonstruktion im Bereich der auditiven Wahrnehmung

In meinem Test wurden den Kindern aus Wortreihen bestehende Aufgaben vorgelesen. Die Antwort wurde von den Kindern verbal gegeben. Es ist anzunehmen, daß für Kinder diesen Alters diese Verfahrensweise - nämlich akustisch wahrzunehmen und verbal wiederzugeben - schwieriger ist, als Bilder optisch wahrzunehmen oder, wie bei den Aufgaben aus dem 3. und später beschriebenen Bereich, mit einer Waage zu spielen. Abbildung 1.3 zeigt einige Beispiele und einen Überblick über die Durchführung der Testaufgaben.

Die Aufgaben unter Beispiel 1 in der Abbildung 1.3 entsprechen den Aufgaben des ersten Unterteils des Testes aus dem Bereich der visuellen Wahrnehmung. In diesem 1. Testteil sollen synonyme Begriffe von den Kindern herausgefunden werden, wobei das Erkennen der Synonymie das Feststellen der Identität von zwei Begriffen voraussetzt. Das Feststellen der Indentität beschränkt sich nicht nur auf konkrete Wortpaare, sondern umfaßt auch wie z.B. in Aufgabe C (ZORN - WUT) abstrakte Begriffe, die psychische Zustände beschreiben. Auf diese Art und Weise habe ich versucht - wie andere Beispiele auch zeigen -, den Prozeß der Wahrnehmung akustischer Reize und deren Verarbeitung in verschiedenen sprachlichen Bereichen zu untersuchen.

Abbildung 1.3. Beispiel:1

DAME - FRAU

-Du hast diese beiden Wörter DAME-FRAU.
-Du weißt was eine Frau und was eine Dame ist. (wenn das Kind nicht weiß, wird es ihm gesagt.)
-Ich lese dir immer zwei Wörter vor, bitte sage mir, welche von diesen 2 Wörtern ähnlich sind wie DAME-FRAU.
(Die beiden Wörter werden vor das Kind auf einen Notenständer gestellt.)

In diesem Unterteil des Testes werden dann beispielsweise die folgenden Aufgaben gegeben:

Aufgabe A:

1.MASCHINE – HAUS

2.TULPE – STECKDOSE

3.HERR – MANN

4.TASCHE – BREMSE

Frage: Welche Wörter sind wie DAME-FRAU ?
Anmerkung: Die Aufgabe kann auf Wunsch mehrmals vorgelesen werden. Weiterhin wird vor jeder Aufgabe auf das Beispiel DAME-FRAU hingewiesen und die Verfahrensweise-wie oben angeführt-wiederholt.

Aufgabe C:

1.TURM – LINEAL

2.ZORN – WUT

3.BAUM – BRIEF

4.KARRE – GEIGE

Fortstzung der Abbildung 1.3.

Aufgabe D?

D

1. FERNGLAS – JÄGER
2. BRILLE – AUGENGLÄSER
3. BILD – FOTOAPPARAT
4. LINSE – FERNROHR

Beispiel 2:

BAUM – BLATT

-Du hast diese beiden Wörter BAUM-BLATT.
-Du weißt was ein Baum und was ein Blatt ist. (wenn das Kind nicht we
wird es ihm gesagt.)
-Ich lese dir immer zwei Wörter vor, bitte sage mir, welche von diese
2 Wörtern ähnlich wie BAUM-BLATT sind.
(Die beiden Wörter werden vor das Kind auf einen Notenständer geste

In diesem Unterteil des Testes werden dann beispielsweise die folgend
Aufgaben gegeben.

Aufgabe F:

F

1. TRAKTOR – ZIMMER
2. AUTO – LENKRAD
3. BUS – FLASCHE
4. ZUG – TINTE

Frage: Welche Wörter sind wie BAUM-BLATT ?
Anmerkung: Die Aufgabe kann auf Wunsch mehrmals vorgelesen werden.
Weiterhin wird vor jeder Aufgabe auf das Beispiel BAUM-BLATT hingewie
und die Verfahrensweise- oben angeführt-wiederholt.

Aufgabe G:

1. STUHL – KAFFEE
2. MÖBEL – TISCH
3. BETT – SCHAUFEL
4. GARDINE – GEWEHR

Beispiel 3:

FUCHS–NASE–SCHWANZ

- Du hast diese drei Wörter FUCHS-NASE-SCHWANZ.
- Du weißt was ein Fuchs und was eine Nase und ein Schwanz ist. (Wenn das Kind nicht weiß wird es ihm gesagt.)
- Ich lese dir immer drei Wörter vor, bitte sage mir, welche von diesen drei Wörtern ähnlich wie FUCHS-NASE-SCHWANZ sind.

In diesem Unterteil des Testes werden dann beispielsweise die folgenden Aufgaben gegeben:

Aufgabe L:

PFLANZE–TANNENBAUM–ROSE

NELKEN–ZWEIGE–KARTE

GARTEN–PAPIER–LAUB

NADEL–FRUCHT–GEMÜSE

Frage: Welche Wörter sind wie FUCHS-NASE-SCHWANZ ?
Anmerkung: Die Aufgaben kann auf Wunsch mehrmals vorgelesen werden. Weiterhin wird vor jeder Aufgabe auf das Beispiel FUCHS-NASE-SCHWANZ hingewiesen und die Verfahrensweise-wie oben angeführt-wiederholt.

Aufgabe M:

1. ARZT - MOTOR - SPIEL
2. ERDE - ESSEN - BRETT
3. KRANKHEIT - GRIPPE - KREBS
4. TEE - UHR - KETTE

Beispiel 4:

KOPF-AUGEN-OHREN-NASE

-Du hast dise vier Wörter KOPF-AUGEN-OHREN-NASE.
-Du weißt was ein Kopf, was eine Auge, was eine Ohr und eine Nase
(Wenn das Kind nicht weiß wird es ihm gesagt.)
-Ich lese dir immer vier Wörter vor, bitte sage mir, welche von di
vier Wörtern ähnlich sind wie KOPF-AUGEN-OHREN-NASE.

In diesem Unterteil des Testes werden dann beispielsweise die folg
Aufgaben gegeben :

Aufgabe Q:

1. MARKE - TAFEL - BÄCKER - SKI
2. TIER - TIGER - LÖWE - KATZE
3. TASSE - STERN - MESSER - RATT
4. HEFT - ZEITUNG - SCHACHTEL - G

Frage: Welche Wörter sind wie KOPF-AUGEN-OHREN-NASE ?
Anmerkung: Die Aufgaben kann auf Wunsch mehrmals vorgelesen werde
Weiterhin wird vor jeder Aufgabe auf das Beispiel KOPF-AUGEN-OHRE
hingewiesen und die Verfahrensweise-wie oben angeführt-wiederholt

ufgabe R:

ANTE-GRILL-KRONE-BART

CHWAGER-TOCHTER-STÜCK-WAND

AMILIE-VATER-MUTTER-KIND

EITER-STIMME-LOCH-HALS

fgabe S:

FFE-BAUCH-PELZ-MAUS

CHAAF-WOLLE-MILCH-FLEISCH

LEPHANT-RÜSSEL-HAUT-SCHLANGE

ENNE-EI-FEDER-KUCKUCK

Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben erhöht sich auch, wenn die beieinanderstehenden Wörter aus dem selben Gebiet stammen, wie z.B. in Aufgabe D (BRILLE - AUGENGLÄSER). Es ist hier wiederum der Mangel an konkreter Differenzierbarkeit der Stimuli, der die Steigerung der Schwierigkeit bringt.

Beispiel 2 zeigt, wie im 2. Unterteil dieses Testbereiches die Aufgaben konstruiert sind. Bei diesen Aufgaben muß das Kind ein Ganzes und einen Teil erkennen. Zur Lösung dieser Aufgaben muß die Vereinigungsmenge gebildet werden, bzw. die "Disjunktion" vollzogen werden. In Aufgabe G (MÖBEL - TISCH) kommt die Diskunktion auch bei abstrakten Oberbegriffen zur Anwendung. Die Abstufung der Aufgabenschwierigkeit wird in diesem wie in dem folgenden Testteil mit dem gleichen Verfahren wie im 1. Unterteil erreicht, nämlich durch die Vorgabe nah verwandter Begriffe.

Beispiel 3 und die Aufgaben L und M zeigen, wie im 3. Unterteil der unterschiedliche Schwierigkeitsgrad bei der "Disjunktion" zustande kommt: Das Kind muß hierbei zwei Teile des Ganzen erkennen. Aufgabe L ist ein Beispiel für eine Oberbegriffsbildung aus dem Bereich der Botanik und Aufgabe M für eine Oberbegriffsbildung aus dem Bereich der Medizin.

Im 4. Unterteil muß das Kind, wie Beispiel 4 zeigt, drei Teile vom Ganzen herausfinden. Aufgabe Q zeigt ein Beispiel aus dem Bereich der Zoologie und Aufgabe R ein Beispiel aus dem sozialen Bereich. Aufgabe S ist besonders schwierig, da hier die Begriffe Tiere oder deren Körperteile genannt werden müssen und das Kind die abstrakte Relation zwischen dem Ganzen und seinen Teilen beherrschen muß.

Leicht verständlich ist, daß Kinder, die die Aufgaben des 3. und 4. Unterteiles lösen, auch die Aufgaben des 1. und 2. Unterteiles lösen können, da bei diesen Aufgabenreihen weniger Teile herauszusuchen sind.

1.4. Hypothesen zur Struktur der Aufgaben mit der Federwaage

Die Arbeit von P i a g e t und I n h e l d e r (1955), in der Experimente von Kindern mit einer Waage beschrieben sind, gibt aufschlußreiche Anhaltspunkte. P i a g e t behauptet hier, eine unbedingte Voraussetzung für formales Denken ist die Beherrschung des INRC (I = Identität, N = Negation, R = Reziprozität, C = Korrelation), welche auch eine aussagenlogische Transformationsgruppe bildet. Von diesem Schema kann der Proportionsbegriff abgeleitet werden. Nach P i a g e t ist der Proportionsbegriff notwendig und hinreichend zur Lösung der Waagebalkenaufgaben, d.h. der Beherrschung des Hebelgesetzes.

Ich habe bei der Aufgabenkonstruktion dieses INRC-Modell außer acht gelassen und wiederum mit Hilfe des Aussagenkalküls eine Reihe von Aufgaben erstellt.

1.4.1. Folgerungen für die Aufgabenkonstruktion

Anstelle der Herstellung eines Gleichsgewichtszustandes mit einer Balkenwaage habe ich eine Waage verwendet, bei der mit Hilfe einer Feder die Bewegung des Hebelarmes in eine lineare Bewegung transformiert wird (vgl. Abb. 1.4).

Die lineare Bewegung des Hebelarmes wurde mit Hilfe eines Zeigers auf eine Bilderskala übertragen. Die mit Hilfe dieser Apparatur erstellten Aufgaben waren leichter als die herkömmlichen Gleichgewichtsaufgaben, da die Variablen hier besser differenzierbar sind. Andererseits aber ist diese Apparatur ebenso geeignet, um die Beherrschung des Hebelgesetzes zu prüfen.

Abbildung 1.5 zeigt einige Aufgabenbeispiele mit der Federwaage.

Abbildung 1.4. Die FEDERWAAGE
Mit Hilfe einer Feder wird die Bewegung des Hebelarmes in eine lineare Bewegung transformiert. Die lineare Bewegung des Hebelarmes wird mit eines Zeigers auf eine Bilderskala übertrage

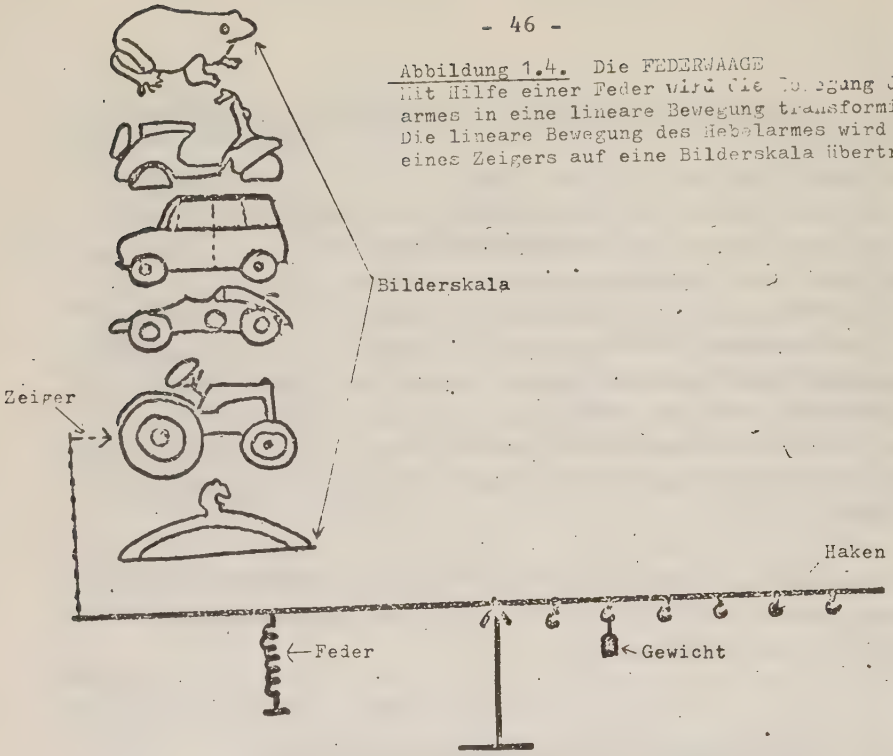
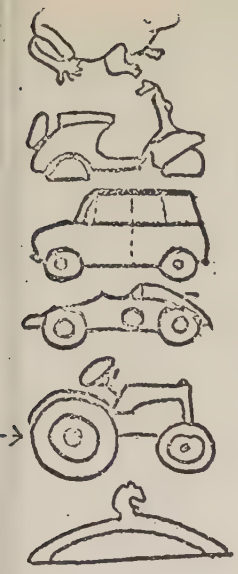
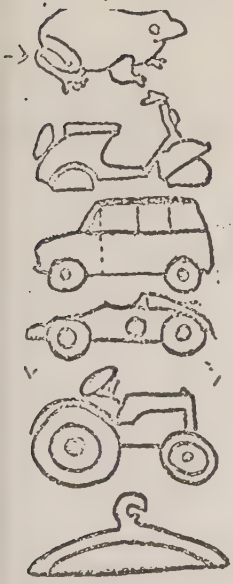


Abbildung 1.5.
1.Untergruppe der Federwaage Aufgaben



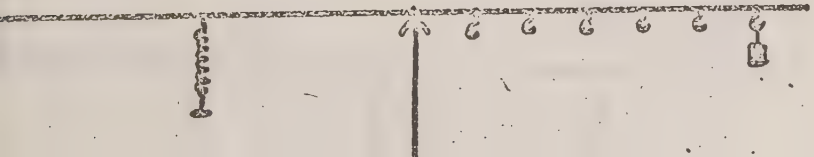
Beispiel. 1

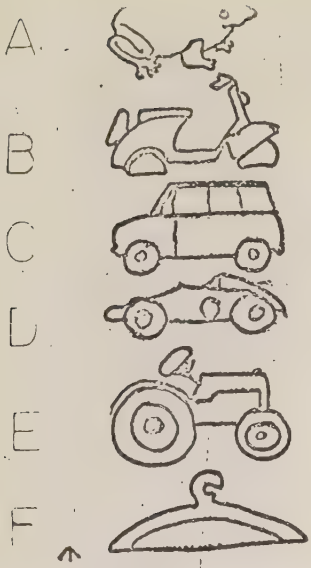
-Wenn das Gewicht an diesem Haken hängt, dann zeigt der Zeiger auf den Traktor.



Beispiel. 2

-Wenn das Gewicht an diesem Haken hängt, dann zeigt der Zeiger auf den Frosch.



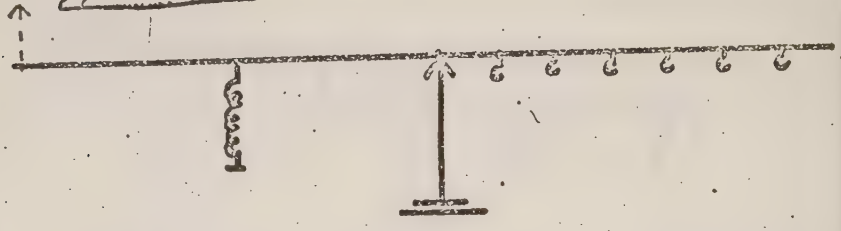


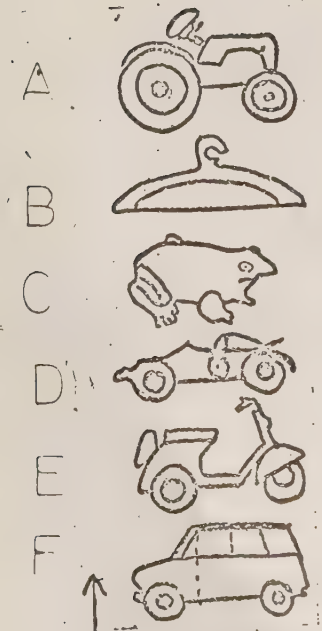
Wohin sollst du das Gewicht hängen dami
der Zeiger zu:

41. dem Kleiderbügel kommt ?

42. dem Rennauto kommt ?

43. dem Mofa kommt ?





Wohin sollst du das Gewicht hängen
der Zeiger zu:

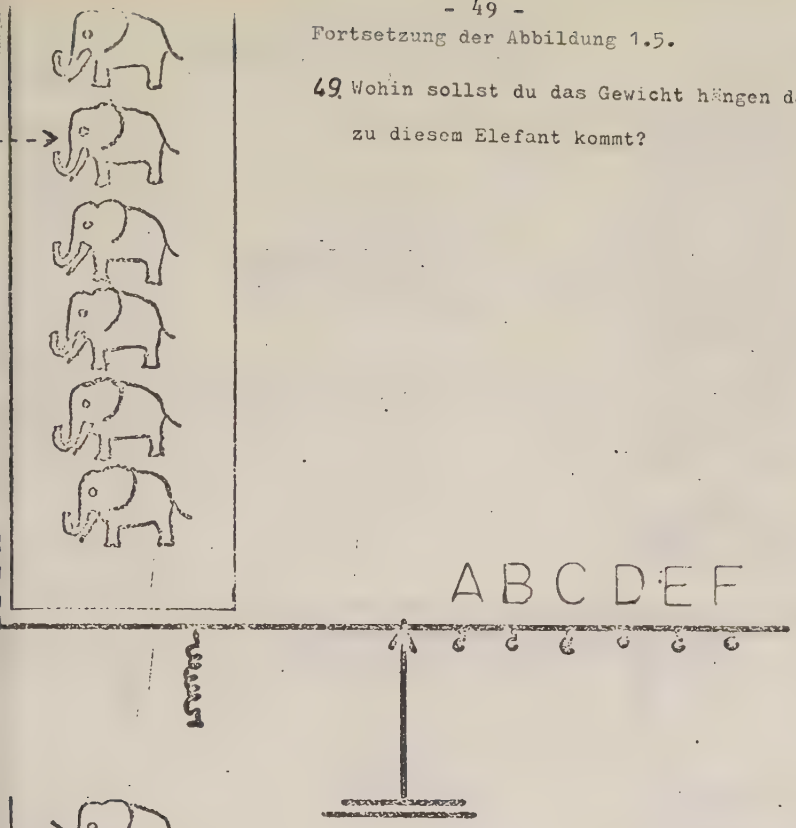
44. dem Frosch kommt?

45. dem Kleiderbügel kommt ?

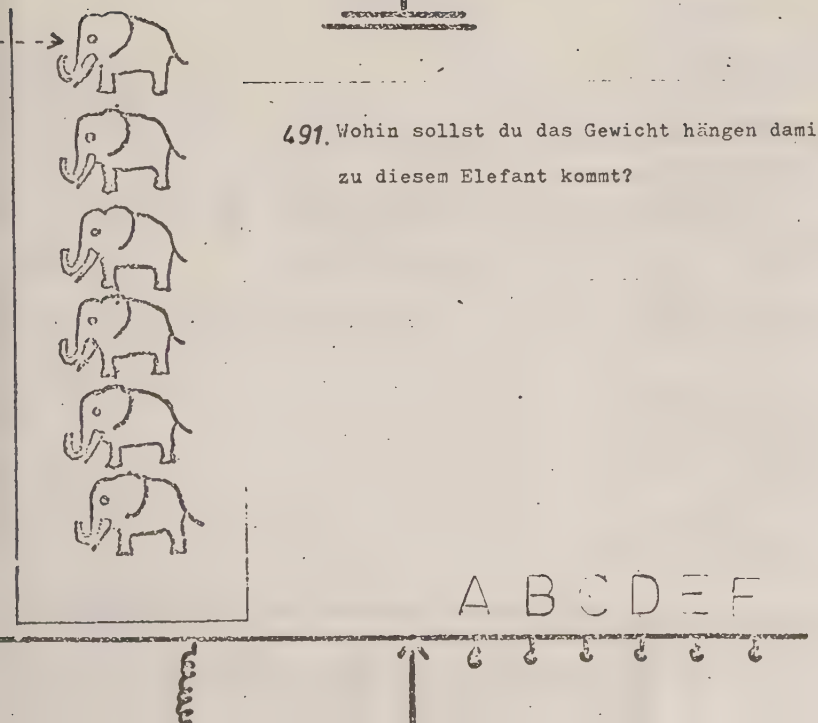
46. dem Mofa kommt?

Fortsetzung der Abbildung 1.5.

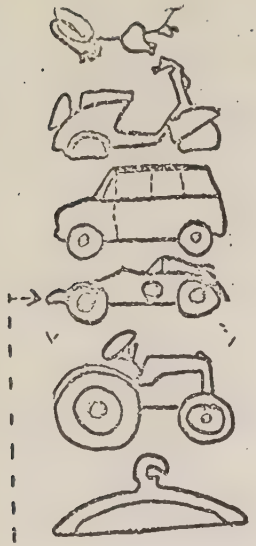
49. Wohin sollst du das Gewicht hängen damit zu diesem Elefant kommt?



491. Wohin sollst du das Gewicht hängen damit zu diesem Elefant kommt?

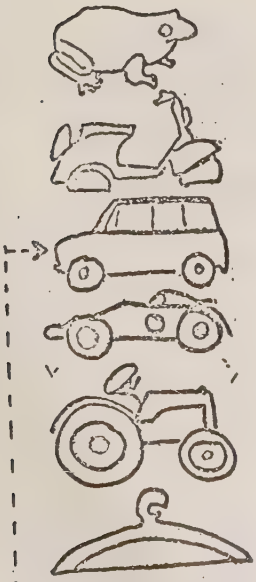


Forsetzung der Abbildung 1.5.



Beispiel.1

-Wenn die beiden Gewichte so hängen, dann zeigt der Zeiger auf das Rennauto.



Beispiel: 2

-Wenn die beiden Gewichte so hängen, d zeigt der Zeiger auf das Auto.

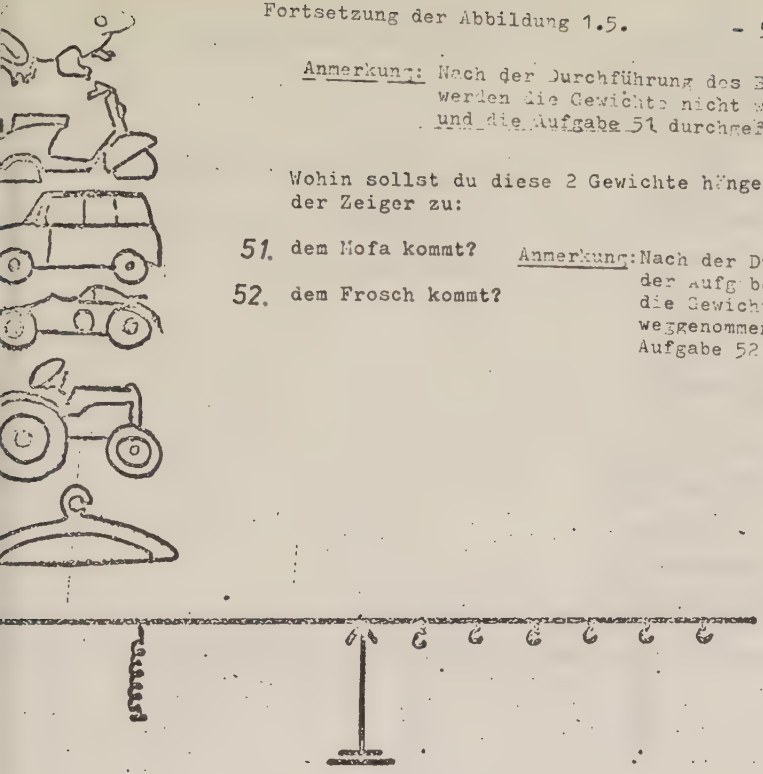
Anmerkung: Nach der Durchführung des Beispiels 2 werden die Gewichte nicht weggenommen und die Aufgabe 51 durchgeführt.

Wohin sollst du diese 2 Gewichte hängen damit der Zeiger zu:

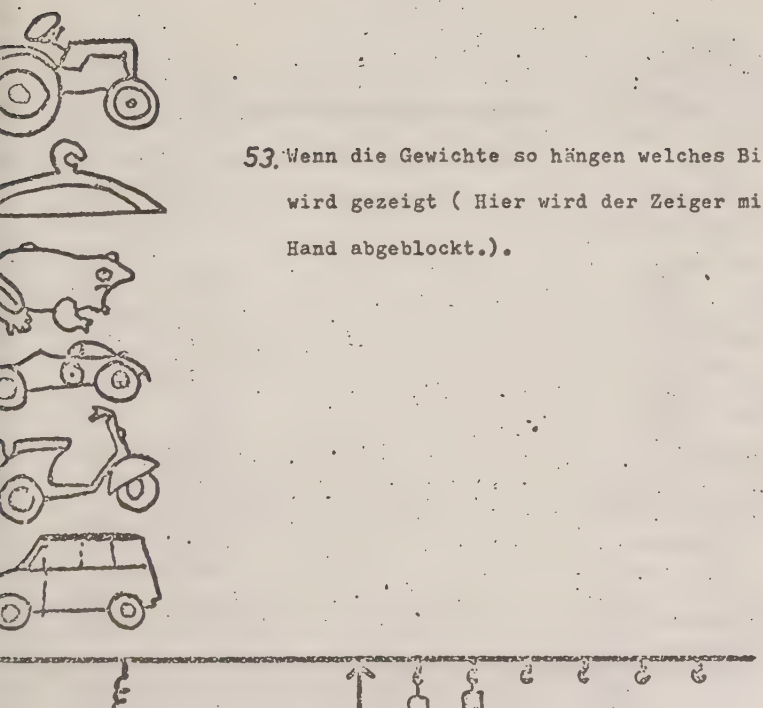
51. dem Mofa kommt?

52. dem Frosch kommt?

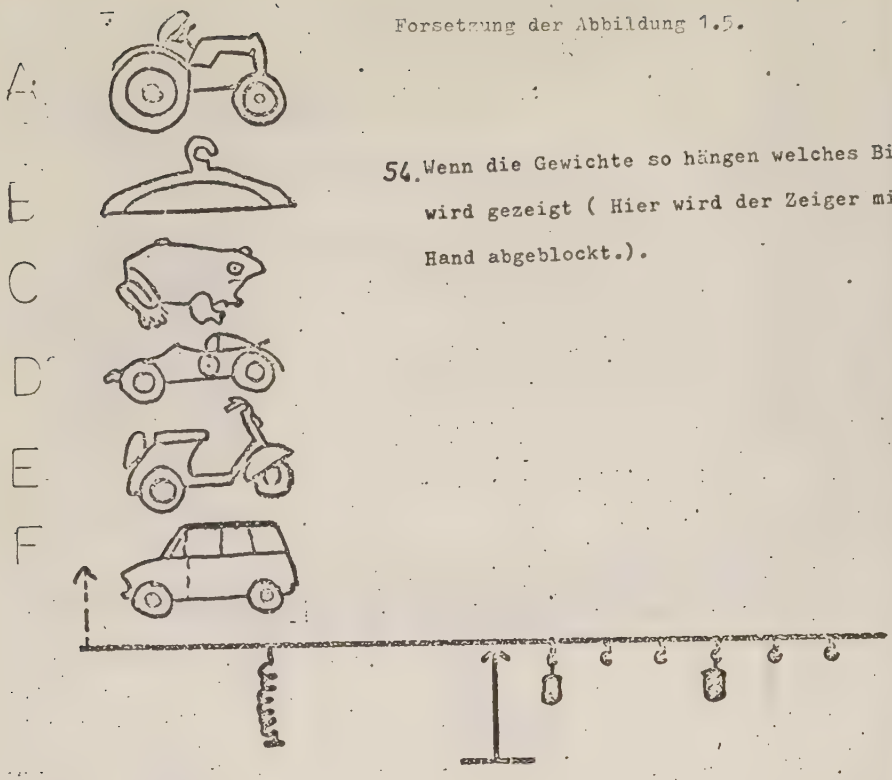
Anmerkung: Nach der Durchführung der Aufgabe 51 werden die Gewichte nicht weggenommen und die Aufgabe 52 durchgeführt



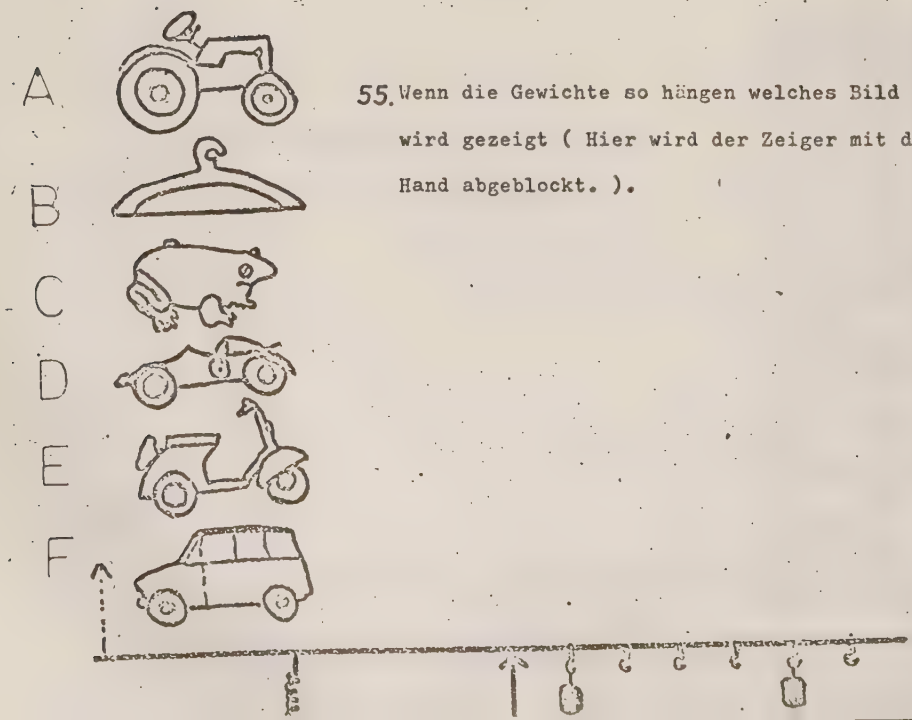
53. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



Forsetzung der Abbildung 1.5.



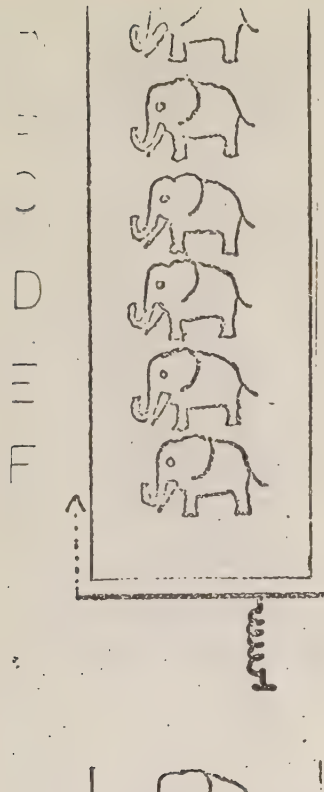
54. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit Hand abgeblockt.).



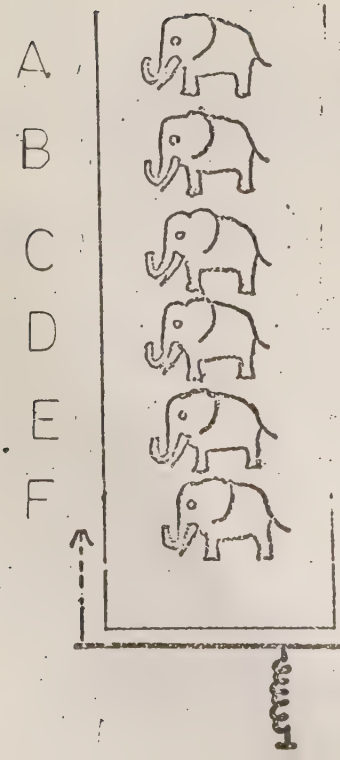
55. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).

Fortsetzung der Abbildung 1.5.

56. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



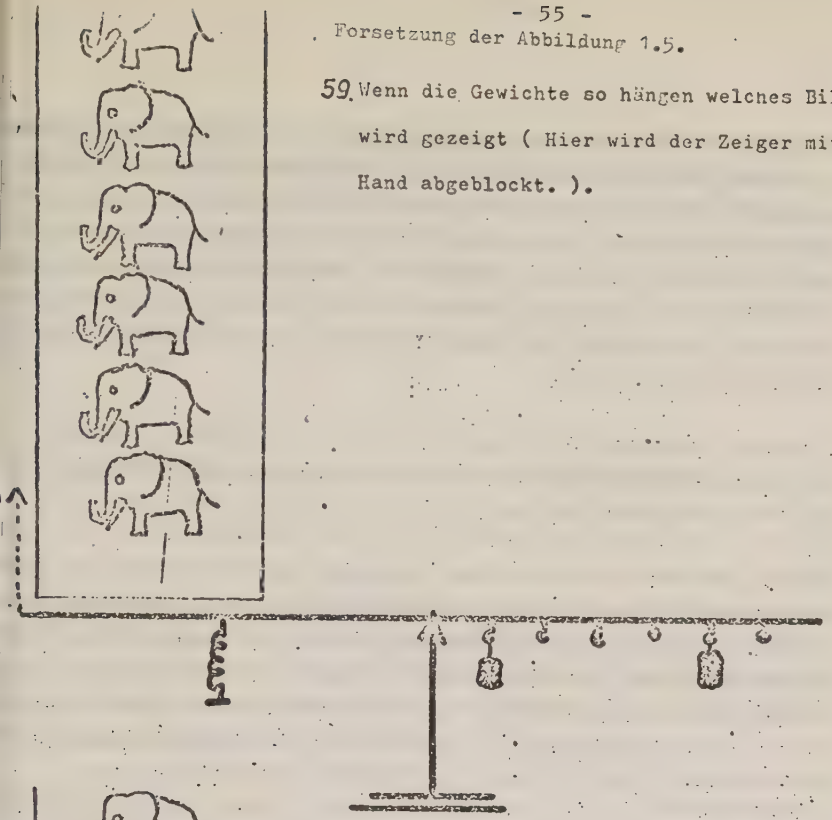
57. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit de Hand abgeblockt.) .



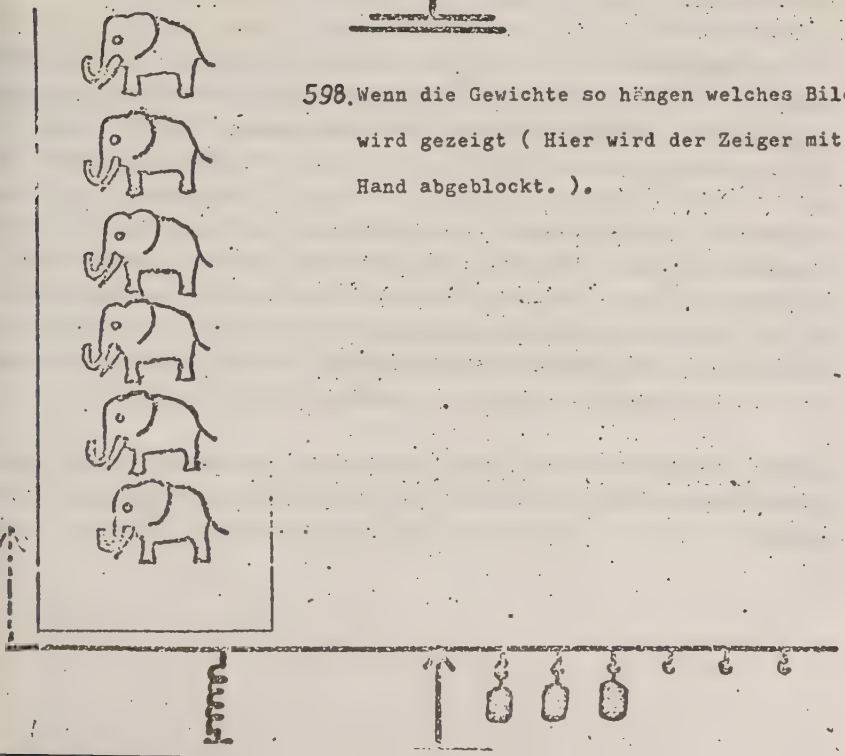
58. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.) .

. Forsetzung der Abbildung 1.5.

59. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



598. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



In der 1. Untergruppe der Aufgaben mit der Federwaage wird nur mit einem Gewicht gearbeitet, und die Kinder operieren hier zuordnend, da jeder Haken einem Bild entspricht. Die Aufgaben werden schwieriger, wenn alle Bilder der Skale gleichartig sind, z.B. nur Elefanten abgebildet sind, wie in den Aufgaben 47, 48, 49, 491. Bei der Suche nach der Lösung ist das Kind gezwungen zu zählen, um herauszufinden, welcher Elefant welchem Haken entspricht.

In der 2. Aufgabenuntergruppe werden zwei Gewichte benutzt. Um diese Aufgaben lösen zu können, müssen die Kinder die beiden Hebelarmlängen und zwei Gewichte berücksichtigen.

Aufgabe 51 und 52 waren etwas leichter, da hier mit Hilfe der vorgegebenen Beispiele die Lösungen schrittweise gefunden werden konnten: Es war stets nur ein Gewicht zu wechseln, um die Aufgabe zu lösen. Ab Aufgabe Nr. 53 wurde der Lösungsweg schwieriger, da die Kinder hier gezwungen wurden, den Weg innerlich nachzuvollziehen und in der Vorstellung zu handeln. Außerdem fiel hierbei auch die konkrete Rückmeldung weg.

In den Aufgaben 57, 58, 59, 598 sind im Gegensatz zu den Aufgaben 53, 54, 55, 56 die Bilder der Skala nicht mehr differenzierbar: Die Bilderskala zeigt nur Elefanten. Daher werden diese Aufgaben schwieriger für das Kind; die Lösung gelingt nur, wenn das Hebelgesetz beherrscht wird. Betrachtet man die Aufgaben 57, 58, 53 näher, so sieht man, daß sie nur Wiederholungen der Gewichtskonstellationen der vorhergehenden Aufgaben sind. Ähnlich verhält es sich auch bei den Aufgaben 53, 54, 55, 56, die Wiederholungen der Gewichtskonstellationen der Aufgaben 51 und 52 sind. Auch hier wird wieder die graduelle Schwierigkeitserhöhung der Aufgaben deutlich.

Leicht einsehbar ist es, daß die Kinder, die die letzten Aufgaben lösen können, auch die Anfangsaufgaben zu lösen vermögen.

Drückt man die in der 2. Aufgabenuntergruppe geforderten Operationen (Addition der Hebelarmabschnitte und der Gewichte) mit Hilfe des Aussagenkalküls aus, so kann man hier von einer "Disjunktion" sprechen. Alles in allem ist festzustellen, daß auch die Konstruktion der Aufgabenreihe mit der Federwaage die Voraussetzungen der Anwendung des linearen logistischen Modells erfüllt.

2. Das Aufgabenmaterial der empirischen Untersuchung

Bei der Aufgabenkonstruktion in allen drei Bereichen ist ein bestimmtes Erstellungsverfahren berücksichtigt worden, das auf der Anwendung des Aussagenkalküls beruht. Als Operationen wurden benutzt: das Feststellen der Identität und die Disjunktion. Der dritte Faktor, der beim Erstellen des Aufgabenmaterials berücksichtigt wurde, ist die konkrete (oder abstrakte) Differenzierbarkeit der Stimuli.

Die Identitätsfeststellung wird bei visuellen Wahrnehmungsaufgaben durch Gleichheit von Tierbildern oder symbolischen Figuren, bei auditiven Wahrnehmungsaufgaben durch die Synonymie und bei Federwaageaufgaben als die Zuordnung eines Hakens zu einem Bild definiert.

Die Disjunktion ist bei den Aufgaben des Bereiches der visuellen Wahrnehmung als Zusammensetzung der Teile von Bildern, im auditiven Wahrnehmungsbereich als Suche nach dem Oberbegriff und der dazu gehörigen Unterbegriffe und bei der Aufgabenreihe mit der Federwaage als Addition der Hebelarmlänge mit dem entsprechenden Gewicht realisiert.

Tabelle 2.1 zeigt die postulierte Aufgabenstrukturmatrix der empirisch analysierten Handlungs- und Wahrnehmungsaufgaben aus dem visuellen, auditiven und konkret-operatorischen Bereich.

Tabelle 2.1: Die postulierte Aufgabenstrukturmatrix bei der Konstruktion der visuellen, akustischen und Handlungs-Aufgaben vor der Auswertung der Daten mit Hilfe des linearen logistischen Modells.

Die Aufgaben, die bei der Modellkontrolle ausgeschieden oder herausgenommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Die herausgenommenen Aufgaben (vgl. S. 61 und S.100) sind die Aufgaben, die von den Kindern nach der Theorie von P i a g e t voll beherrscht werden. Deshalb ist deren Bewertung in dem gesamten Test nicht angebracht. Die ausgeschiedenen Aufgaben zeigen keine Übereinstimmung mit dem R A S C H -Modell.

Aufgaben-Nr.	Operationen 1	2	3		
01	1	0	0	herausgenommen	
02	1	0	0	herausgenommen	
03	2	0	0	herausgenommen	
04	1	0	0	herausgenommen	
05	1	0	0	herausgenommen	
06	1	1	0	herausgenommen	
07	2	1	0	herausgenommen	
08	2	1	0	herausgenommen	
09	4	0	0	herausgenommen	
11	5	0	1		
12	4	0	2		
13	0	0	1		
14	5	0	1		Op. 1: Identi-
15	5	0	1		tätsfeststellung
16	5	1	1		
17	5	1	1		Op. 2: Stimulus-
18	5	1	1		differenzierbar-
19	3	0	1		keit
191	3	0	3		
192	5	0	1		Op. 3: Disjunk-
21	4	0	2		tion
22	2	0	2		
23	3	0	3		
24	3	1	3		
25	4	1	2		
26	2	0	2		
27	4	0	2		
31	3	0	3		
32	3	0	3		
33	3	0	3		
34	1	0	3	ausgeschieden	
35	3	0	3		
36	4	1	3	ausgeschieden	
37	3	1	3		
38	3	1	3		

Fortsetzung der Tabelle 2.1

Aufgaben-Nr.	Operationen 1	2	3	
A	1	0	0	
B	1	0	0	
C	1	0	0	
D	1	1	0	
T	1	0	0	
E	0	0	1	ausgeschieden
F	0	0	1	
G	0	0	1	
H	0	1	1	ausgeschieden
I	0	1	1	
J	0	0	2	
K	0	0	2	
L	0	0	2	
M	0	0	2	ausgeschieden
N	0	1	2	ausgeschieden
O	0	0	3	
P	0	0	3	
Q	0	0	3	
R	0	0	3	ausgeschieden
S	0	0	1	ausgeschieden
41	1	0	0	herausgenommen
42	1	0	0	herausgenommen
43	1	0	0	herausgenommen
44	1	0	0	herausgenommen
45	1	0	0	herausgenommen
46	1	0	0	herausgenommen
47	1	1	0	herausgenommen
48	1	1	0	herausgenommen
49	1	1	0	herausgenommen
491	1	1	0	herausgenommen
51	0	0	4*)	
52	0	0	4	
53	0	0	4	
54	0	0	4	
55	0	0	4	
56	0	0	4	
57	0	1	4	
58	0	1	4	
59	0	1	4	
598	0	1	6	ausgeschieden

*) wegen 2 Gewichte und 2 Hebelarmlänge

Die simultane Auswertung der Aufgaben der drei Bereiche mit Hilfe des linearen logistischen Modells setzt voraus, daß die drei Aufgabengruppen in eine Klasse homogener Aufgaben zusammengefaßt werden können. Dies ermöglicht es, das Aufgabenlösungsverhalten der Kinder bei Problemstellungen aus den drei Bereichen mit den gleichen Parametern zu beschreiben, d.h. es auf die gleichen Verhaltensdispositionen zurückzuführen.

Die Diskussion der Ergebnisse der Modellgeltungstests wird zeigen, ob die Festlegung und Quantifizierung einer derartigen bereichsübergreifenden Disposition möglich ist.

3. Die Analyse der Daten mit dem linearen logistischen Modell

3.1. Geltungstest zum Modell von R a s c h

Im ersten Schritt der Auswertung der Daten wurde geprüft, welche Aufgaben homogen im Sinne des Modells von R a s c h (1960) sind. Die Zuordnung der Aufgaben zu homogenen Aufgabenklassen entscheidet auch darüber, wieviele und welche Verhaltensdispositionen der Kinder durch die Testaufgaben angesprochen werden. Die Geltung des Modells von R a s c h ist eine notwendige - aber nicht hinreichende - Voraussetzung für die Geltung des linearen logistischen Modells. Für alle Vpn wird eine konstante Aufgabenstrukturmatrix F angenommen. Wir gingen vor dem Experiment davon aus, daß alle Kinder mit denselben Problemlösungsstrategien (definiert durch Art und Zahl der verwendeten Operationen des Aussagenkalküls) die Aufgaben lösen und daß nur eine einzige Aufgabenreihenfolge gegeben ist.

Die Berechnung der Parameter des Modells von R a s c h und die Prüfung der Modellkonformität der Testaufgaben erfolgte auf einer elektronischen Rechenanlage nach einem Algorithmus von F i s c h e r und F o r m a n n (1972).

Bei der Prüfung der Modellgeltung wurden verschiedene Teilstichproben erstellt (Rohwert, Alter, Ort, Geschlecht) und die in diesen Teilstichproben ermittelten Aufgabenparameter graphisch und statistisch miteinander verglichen. Als signifikant wurden Modellabweichungen angesehen, wenn die Falsikation einer Modellannahme auf dem 5 %-Niveau erfolgte.

Die Prüfung der Modellkonformität erfolgte zunächst getrennt für jede Untergruppe der drei verschiedenen Bereiche des Tests. Erst wurden durch graphische Modellkontrollen abweichende Items eliminiert. Dann erfolgte die Prüfung der Modellkonformität für jeden Teil (visuellle, akustische, Handlung). Am Ende wurde die Modellkonformität der drei Teile zusammen geprüft.

In einer graphischen Modellkontrolle werden die Parameterschätzungen der Aufgaben für verschiedene Teilstichproben miteinander verglichen und Aufgaben mit stark abweichenden Parameterschätzungen eliminiert.

3.1.1. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 01-09 (1. Untergruppe des Bildertests)

Tabelle 3.1: Personenrohwertverteilung für die 1. Untergruppe des Bildertests

Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Häufigkeit	3	2	6	16	13	12	11	35	101

Aus der Tabelle 3.1 ist zu ersehen, daß die Hälfte der Vpn alle Aufgaben richtig gelöst hat. Daraus geht hervor, daß die Lösung der Aufgaben dieser Untergruppe sehr leicht ist. Die Prüfung der Homogenität der Aufgaben war wegen der geringen statistischen Information über die Schwierigkeitsunterschiede zwischen den Aufgaben wenig trennscharf. Da mehr als die Hälfte der Kinder alle Aufgaben gelöst haben, läßt sich schließen,

daß die Kinder die Identitätsfeststellung im wesentlichen beherrschen.

Die in Tabelle 3.2 angeführten statistischen Modelltests für verschiedene Teilstichproben nach dem Geschlecht, Alter und Kindertagesstättenbesuch zeigen keine signifikanten Abweichungen. Dieses Ergebnis war bereits aufgrund der Rohwertverteilung zu erwarten. Daher wurde dieser Testteil bei der späteren Analyse des Gesamttests nicht mehr berücksichtigt.

Tabelle 3.1a: Itemrandsummen und Aufgabenparameterwerte für die 1. Untergruppe des Bildertests

Itemrandsummen	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	183	142	148	155	177	177	167	166	177
Aufgabenparameterwerte	01. -1,06323			02. +1,24483			03. +0,967111		
	04. +0,627839			05. -0,610572			06. -0,610572		
	07. -0,122062			08. +0,0552919			09. -0,610572		

3.1.2. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 11-192

Diese Aufgabengruppe, deren Lösung die Anwendung der Disjunktion erfordert, enthält 11 Items. Abbildung 3.3 zeigt einen graphischen Modelltest zur Prüfung der Modellgestaltung (für eine Diskussion und Anwendung des graphischen Modelltests siehe u.a. R a s c h, 1960; S p a d a, 1969a, und F i s c h e und S p a d a, 1973).

belle: 3.2. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die fgaben 01-09 bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL_3 ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
icht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

egenüber estellte eilstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter > 7	lnL_1 = -114,876				
Alter ≤ 7	lnL_2 = -188,023	2,835	8	16	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -305,734				
männlich	lnL_1 = -168,107				
weiblich	lnL_2 = -134,871	2,756	8	16	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -305,734				
K.T. Kinder	lnL_1 = -158,039				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2 = -139,441	8,254	8	16	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -305,734				
Alter > 7,5	lnL_1 = -75,074				
Alter 6,5 ≤ X ≤ 7,5	lnL_2 = -141,864	7,128	16	26	nicht signifikant
Alter ≤ 6	lnL_3 = -81,648				
Gesamtstichprobe	lnL = -305,734				
Alter > 6	lnL_1 = -219,091				
Alter ≤ 6	lnL_2 = -81,648	4,994	8	16	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -305,734				

Die in das Koordinatensystem eingetragenen Punkte repräsentieren die Aufgaben. Der Ordinatenwert jedes Punktes entspricht der Parameterschätzung in der Teilstichprobe von Kindern mit hohem Testrohwert. Die Abszisse gibt den Parameterschätzwert der Aufgabe in der Stichprobe mit niedrigem Testrohwert an. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Stichproben müßten die Punkte auf der Geraden durch den Koordinatenursprung mit dem Anstieg 1 liegen.

Die Betrachtung der Abb. 3.3 zeigt, daß die Koordinaten der Aufgabenparameter für Kinder mit hoher und niedriger Maßzahl keine großen Abweichungen von der Geraden mit Anstieg 1 aufweisen. Nach der Graphik scheint die Aufgabe Nr. 13 am leichtesten zu sein. Dies erklärt sich daraus, daß ihre Lösung den Lösungen der Aufgaben in der 1. Untergruppe ähnelt, welche von den Kindern als leicht empfunden wurden. Die Aufgaben 19, 12, 17 sind ebenfalls leicht. Auch hier ist zu beachten, daß die Lösungen dieser Aufgaben denjenigen der 1. Untergruppe ähnlich sind. Dies zeigt uns auch, daß eine Tendenz der Kinder besteht die Aufgaben durch die einfachere Operation der Identitätsfeststellung zu lösen. Tabelle 3.4 zeigt die logarithmierten Likelihood-Werte für verschiedene Teilstichproben. Der C.L.R.-Test (conditional log likelihood) zeigt eine sehr befriedigende Modellkonformität der Daten mit dem R a s c h - Modell. Daher kann man davon ausgehen, daß die Aufgaben eine gemeinsame Verhaltensdisposition der Kinder erfassen. Die statistischen Testergebnisse bestätigen die graphische Modellkontrolle.

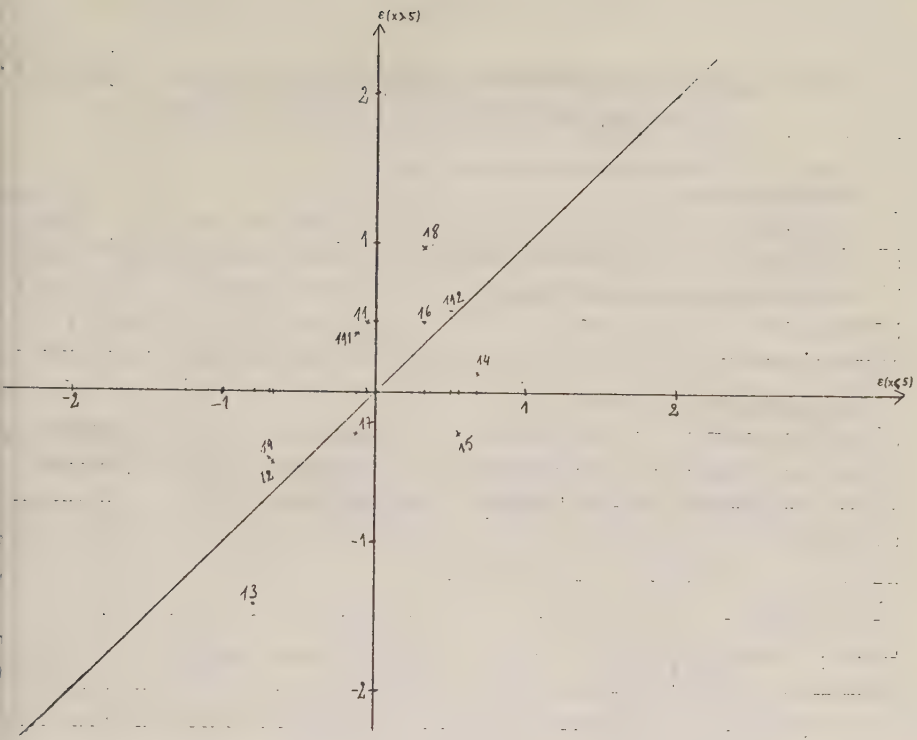


Abbildung 3.3: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben 11-192

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x \leq 5)$, 5 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x > 5)$, mehr als 5 richtige Lösungen) ermittelt wurden. Hohe Werte entsprechen einer relativ hohen Schwierigkeit der Aufgabe. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1 liegen.

Tabelle 3.3a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben 11-192

Itemrandsummen:											
Lf. Itemnr.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	191	192
Randsumme	91	125	139	88	95	83	109	69	126	95	78
Personenrohwerteverteilung:											
Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Häufigkeit	11	16	18	22	33	23	22	24	19	6	3

Aufgabenparameterwerte:

11. +0,21481	12. -0,608241	13. -0,978214	14. +0,286742
15. +0,119328	16. +0,407574	17. -0,214804	18. +0,757026
19. -0,633654	191.+0,119328	192.+0,530100	

abelle: 3.4. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die
ufgaben 11-192 bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
icht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

egenüber estellte eilstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter > 7	lnL_1 = -430,300				
Alter ≤ 7	lnL_2 = -493,067	12,177	10	18,3	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -935,544				
männlich	lnL_1 = -524,069				
weiblich	lnL_2 = -404,819	6,556	10	18,3	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -935,544				
K.T. Kinder	lnL_1 = -563,041				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2 = -364,516	7,907	10	18,3	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -935,544				
Alter > 7,5	lnL_1 = -291,012				
Alter 6,5 ≤ X ≤ 7,5	lnL_2 = -437,170				nicht
Alter ≤ 6	lnL_3 = -194,346	13,016	20	31,4	signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -935,544				
hoher $\varepsilon(x>5)$ Rohwert	lnL_1 = -443,242				
niedriger $\varepsilon(x\leq 5)$	lnL_2 = -479,965	12,337	10	18,3	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -935,544				

3.1.3. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 21-27 (3. Untergruppe der Bildertests)

Diese Aufgabengruppe, die in der Lösung meistens zweimal die Anwendung der Disjunktion erfordert, enthält 7 Items.

Abbildung 3.5 zeigt einen graphischen Modelltest zur Prüfung der Geltung des Modells von R a s c h für die Aufgaben 21-27. Die graphische Darstellung der Itemschwierigkeitsparameter der Kinder, die mehr als drei Aufgaben gelöst haben, bzw. der Kinder, die drei oder weniger gelöst haben, zeigt, daß alle Items nahe der Geraden mit Anstieg 1 liegen. Daraus läßt sich schließen, daß den Aufgaben eine gemeinsame Verhaltensdisposition zugrunde liegt. Nach der Graphik sind die Aufgaben 21, 27, 26 für die Kinder relativ leicht zu lösen. Eine nähere Betrachtung der Aufgabe 21 zeigt, daß die Kinder die richtige Lösung auch finden können, indem sie das ähnlichste Bild suchen und nicht unbedingt die Disjunktion anwenden müssen. Das gleiche Argument trifft auch für die Aufgaben 27 und 26 zu. Der geringe Schwierigkeitsgrad dieser Aufgaben erklärt sich durch die Beherrschung der Identitätsfeststellung durch die Kinder.

Abbildung 3.6 zeigt die statistischen Modellkontrollen der Aufgaben 21 bis 27. Der C.L.R.-Test für verschiedene Teilstichproben zeigt wieder eine sehr gute Übereinstimmung mit dem Modell von R a s c h .

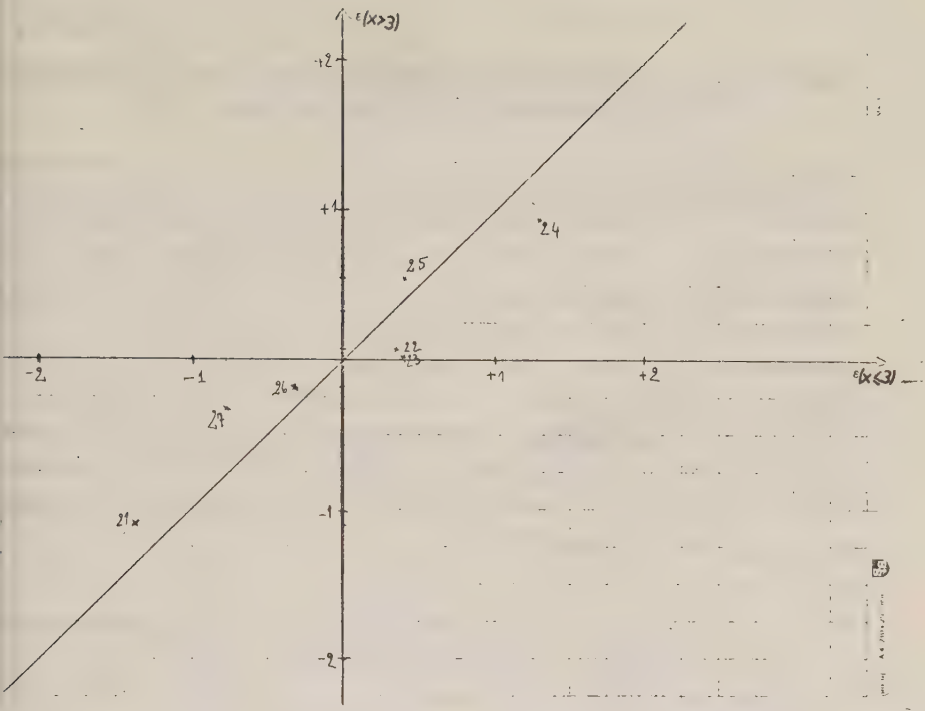


Abbildung 3.5: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben 21-27

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x \leq 3)$, 3 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x > 3)$, mehr als 3 Lösungen) ermittelt wurden. Große Parameterwerte entsprechen großen Aufgabenschwierigkeiten.

Tabelle 3.5a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben 21-27

Itemrandsummen:							
Itemnr.	21	22	23	24	25	26	27
Randsumme	138	74	74	46	65	96	112
Personenrohwerteverteilung:							
Rohwert	1	2	3	4	5	6	7
Häufigkeit	30	44	43	25	25	14	7

Aufgabenparameterwerte:

21. -1,130	22. +0,287	23. +0,287	24. +1,121
25. +0,533	26. -0,266	27. -0,653	

elle: 3.6. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die gaben 21-27 bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe

. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
ht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

enüber tellte lstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
lter > 7	lnL_1 = -220,713				
lter ≤ 7	lnL_2 = -242,504	2,537	6	12,6	nicht signifikant
esamtstichprobe	lnL = -465,754				
ännlich	lnL_1 = -277,154				
eiblich	lnL_2 = -185,411	3,189	6	12,6	nicht signifikant
esamtstichprobe	lnL = -465,754				
.T. Kinder	lnL_1 = -283,438				
icht-K.T.Kinder	lnL_2 = -178,407	3,909	6	12,6	nicht signifikant
esamtstichprobe	lnL = -465,754				
lter > 7,5	lnL_1 = -147,092				
lter 6,5 ≤ X ≤ 7,5	lnL_2 = -214,118				nicht
lter ≤ 6	lnL_3 = -98,897	5,647	12	21,0	signifikant
esamtstichprobe	lnL = -465,754				
her $\varepsilon(x>3)$ Rohwert	lnL_1 = -174,855				
drigen $\varepsilon(x\leq 3)$	lnL_2 = -288,318	2,581	6	12,6	nicht signifikant
samtstichprobe	lnL = -465,754				

3.1.4. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 31-38 (4. Untergruppe des Bildertests)

Diese Aufgabengruppe, deren Lösung meistens die 3malige Anwendung der Disjunktion erfordert, enthält 8 Items.

Eine erste statistische Modellkontrolle ergibt eine signifikante Abweichung zwischen den Kindern mit hohem und niedrigem Rohwert. Tabelle 3.7 zeigt die Ergebnisse des detaillierten C.L.R.-Tests für diese Aufgaben.

Tabelle 3.7: Ergebnisse des statistischen Modelltests für die Aufgaben 31-38 bei verschiedenen Rohwertgruppen unterschiedlicher Maßzahl

lnL_1, lnL ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben

$E(x)$ .... richtig gelöste Aufgabenzahl bei den verschiedenen Teilstichproben

Teilstichprobe	$E(x \leq 2)$	lnL_1	= -201,998	df = 7
Teilstichprobe	$E(x > 2)$	lnL_2	= -343,682	$\chi^2_{95} = 14$
Gesamtstichprobe		lnL	= -570,831	
		$lnL-(lnL_1+lnL_2)$	= 23,151	Abweichung signifikant

Der Conditional Likelihood Ratio-Test für die 8 Aufgaben der 4. Untergruppe des Bildertests zeigt eine signifikante Abweichung. In der graphischen Modellkontrolle, die in Abbildung 3.8 dargestellt ist, werden die Items mit größerer Abweichung erkennbar. Die Aufgabe 34 ist leichter für die Kinder mit höherer Maßzahl im Vergleich zu den Kindern mit geringerer Maßzahl. Es liegt deshalb nahe, daß die Kinder mit geringerer Maßzahl bei der Lösung der Aufgaben eher zur Anwendung der Identitätsfeststellung tendieren als die Kinder mit höherer Maßzahl. Die Lösung der Aufgabe 34 fällt deswegen so schwer,

weil hier die richtige Antwort ein "ganz schwarzer Storch" ist und deshalb die Aufgabe mittels Identitäts-Feststellung nicht zu lösen ist. Da die zu kombinierenden Bilder nur schwarz-weiße Störche zeigen, neigen die Kinder dazu, in der Antwortauswahl wiederum einen "ähnlichen" Storch auszuwählen, nicht den ganz schwarzen Storch.

Die Aufgabe 36 liegt sehr entfernt von der Geraden mit dem Anstieg 1 und ist schwieriger für die Kinder mit höherer Maßzahl. Der höhere Schwierigkeitsgrad der Aufgabe 36 ist darauf zurückzuführen, daß hier mehr als 6 Teile zu kombinieren sind, während bei den vorhergehenden Aufgaben höchstens 6 solcher Teile zusammenzufügen waren. Je höher die Zahl der zu kombinierenden Teile ist, desto schwieriger wird die Aufgabe. Die Kinder mit niedriger Maßzahl kommen hier nur deshalb eher zur richtigen Lösung, weil sie das ähnlichste Bild aus den Antwortalternativen aussuchen, nicht aber durch Zusammenfügen der einzelnen Teile, d.h. durch Anwendung der Disjunktion. Diese beiden Aufgaben, auf die die Kinder mit eindeutig unterschiedlichen Verhaltensdispositionen reagieren, werden aus dem Test ausgeschieden. Zu den Aufgaben 31, 32 ist zu bemerken, daß sich diese bei den Teilstichproben als einfach erwiesen, weil man durch Identitäts-Feststellung ebenfalls zur richtigen Lösung gelangt. Tabelle 3.9 zeigt die Modellgeltung der Aufgaben für die verschiedenen Teilstichproben (nach der Ausscheidung der Aufgaben 34, 36) mit Hilfe des C.L.R.-Tests. Nach der Ausscheidung dieser zwei Aufgaben sind die Items in der 4. Untergruppe nach den statistischen C.L.R.-Tests mit der Annahme einer gemeinsamen Verhaltensdisposition der Kinder verträglich.

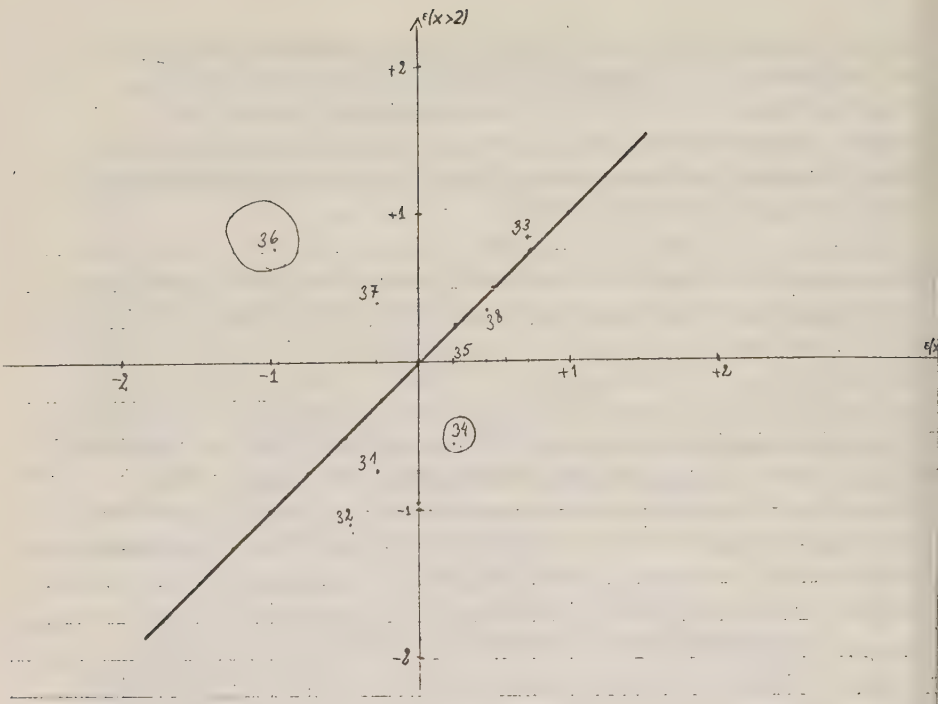


Abbildung 3.8: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben 31-38

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit geringer Maßzahl ($\varepsilon(x \leq 2)$ 2 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hoher Maßzahl ($\varepsilon(x > 2)$ mehr als 2 Lösungen) ermittelt wurden. Hohe Werte entsprechen einer relativ hohen Schwierigkeit der Aufgabe. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben lägen alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1. Die Aufgaben 34, 36 sind wegen ihrer relativ größeren Abweichung ausgeschieden.

Tabelle 3.8a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben 31-38

Itemrandsummen:						
Itemnr.	31	32	33	35	37	38
Randsumme	100	110	51	72	72	64
Personenrohwerteverteilung:						
Rohwert	1	2	3	4	5	6
Häufigkeit	33	54	31	20	13	15

Aufgabenparameterwerte:

31. -0,618778	32. -0,884598	33. +0,830470
35. +0,143376	37. +0,143376	38. +0,386153

Tabelle: 3.9. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die Aufgaben 31-33 (Nach der Ausscheidung der Aufgaben 34,36) bei verschiedenen Teilstichproben

lnL_1, lnL_2, lnL ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe

K.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen

Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben			$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter >7	lnL_1	$=-139,228$				
Alter $\leqslant 7$	lnL_2	$=-200,023$				nicht
			1,661	5	11,1	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	$=-340,912$				
männlich	lnL_1	$=-200,177$				
weiblich	lnL_2	$=-137,836$				nicht
			2,899	5	11,1	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	$=-340,912$				
K.T. Kinder	lnL_1	$=-148,125$				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2	$=-140,322$				nicht
			2,465	5	11,1	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	$=-340,912$				
Alter $>7,5$	lnL_1	$=-97,855$				
Alter $6,5 \leqslant X \leqslant 7,5$	lnL_2	$=-162,353$				nicht
Alter $\leqslant 6$	lnL_3	$=-73,927$	6,777	10	18,3	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	$=-340,912$				
hoher $\varepsilon(x>2)$ Rohwert	lnL_1	$=-145,119$				
niedriger $\varepsilon(x\leqslant 2)$	lnL_2	$=-186,837$				nicht
			8,956	5	11,1	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	$=-340,912$				

3.1.5. Die homogene Klasse der Bilder-Test-Aufgaben

Die erste Untergruppe der Bilder-Test-Aufgaben wurde wegen ihrer zu geringen Schwierigkeit nicht in die Gesamt-Analyse der Bilder-Test-Aufgaben einbezogen. Die Aufgaben 34 und 36 der vierten Untergruppe wurden wegen ihrer signifikanten Modellabweichung eliminiert.

Wie die graphische Modellkontrolle in der Abbildung 3.10 zeigt, stellen die übrigen Items eine homogene Aufgabenklasse im Sinne des Modells von R a s c h dar. Die Koordinaten der Parameterschätzwerte der Aufgaben für höhere und niedrigere Rohwerte liegen annähernd auf der Geraden mit dem Anstieg 1. Die leichtesten Aufgaben 21, 19, 12, 17, die im unteren linken Quartal der Graphik liegen, können eher mit Identitäts-Feststellung gelöst werden. Die Konstellation der Auswahl auf der Antwortseite erleichtert hierbei die Findung der richtigen Lösung und macht deshalb die Anwendung der Disjunktion nicht unbedingt erforderlich. Die Aufgaben 18, 37, 38, die im rechten Quartal liegen, scheinen die schwierigsten zu sein, weil zu ihrer Lösung eher die strikte Anwendung der Disjunktion verlangt wird. Tabelle 3.11 zeigt die Ergebnisse des C.L.R.-Tests für die Bilder-Test-Aufgaben bei verschiedenen Teilstichproben. Der C.L.R.-Test ergibt eine sehr gute Übereinstimmung des Tests mit dem Modell von R a s c h .

Daraus ist zu schließen, daß die 24 Bilder-Test-Aufgaben eine spezifische logische Denkfähigkeit erfordern. Der Test gestattet daher die Messung einer eigenen logischen Denkfähigkeit.

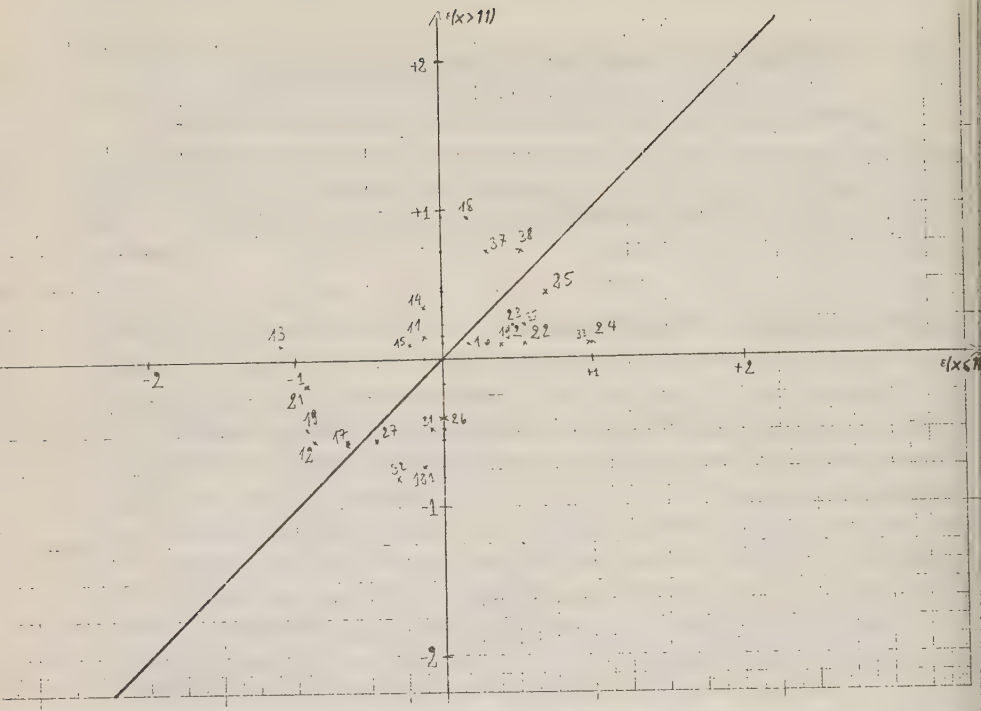


Abbildung 3.10: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben des Bilder-Tests (nach Ausscheiden der Aufgaben 34, 36)

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x\leq 11)$ 11 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x>11)$ mehr als 11 Lösungen) ermittelt wurden. Hohe Werte entsprechen einer relativ hohen Schwierigkeit der Aufgabe. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben lägen alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1.

Tabelle 3.10a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameter für die Aufgaben des Bildertests

Itemrandsummen:

Itemnr.	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Randsumme	91	125	139	88	95	83	109	69	126
Itemnr.	191	192	21	22	23	24	25	26	27
Randsumme	95	78	138	74	74	46	65	96	112
Itemnr.	31	32	33	35	37	38			
Randsumme	100	110	51	72	72	64			

Personenrohwerteverteilung:

Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Häufigkeit	1	1	1	4	11	16	14	18	17	18	25	15
Rohwert	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Häufigkeit	16	8	3	8	6	1	5	4	1	2	4	1

Aufgabenparameterwerte:

11. -0,0301298	12. -0,804325	13. -1,14688	14. +0,389434
15. -0,121389	16. +0,155659	17. -0,437338	18. +0,498579
19. -0,827904	191. -0,121389	192. +0,274948	21. -1,12133
22. +0,372724	23. +0,372724	24. +1,16194	25. +0,602770
26. -0,144086	27. -0,505148	31. -0,234540	32. -0,459915
33. +1,00164	35. +0,422538	37. -0,422538	38. +0,629378

Tabelle: 3.11. Ergebnisse der statistischen Modelltests aller Bilder Test Aufgaben (Nach der Ausscheidung der Aufgaben 34,36) bei verschiedenen Teilstichproben

lnL_1, lnL_2, lnL ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe

K.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen

Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben			$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter > 7	lnL_1	=-1293,499				
Alter ≤ 7	lnL_2	=-1094,716				nicht
			19,466	23	35,2	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-2407,681				
männlich	lnL_1	=-1014,902				
weiblich	lnL_2	=-1379,171				nicht
			13,608	23	35,2	signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-2407,681				
K.T. Kinder	lnL_1	=-1456,046				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2	=-938,174				nicht
			13,461	23	35,2	signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-2407,681				
Alter > 7,5	lnL_1	=-720,634				
Alter 6,5 ≤ X ≤ 7,5	lnL_2	=-1147,891				nicht
Alter ≤ 6	lnL_3	=-512,633	26,523	46	53,8	signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-2407,681				
hoher Rohwert $\varepsilon(x > 11)$	lnL_1	=-849,853				
niedriger $\varepsilon(x \leq 11)$	lnL_2	=-1541,071				nicht
			16,757	23	35,2	signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-2407,681				

3.1.6. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben A, B, C, D, T
(1. Untergruppe der Wörter-Tests)

Die Lösung dieser 5 Aufgaben erfordert das Finden synonymer Wortpaare. Die graphische Modellkontrolle für diese Aufgaben in Abbildung 3.12 zeigt keine große Abweichung der Items von der Geraden mit dem Anstieg 1. Der niedrige Schwierigkeitsgrad der Aufgabe A, der sich aus der Graphik ergibt, läßt sich dadurch erklären, daß in dieser Aufgabe, in der die Synonyme HERR - MANN zu wählen sind, die Assoziation mit dem Beispiel DAME - FRAU sehr naheliegend ist. Der hohe Schwierigkeitsgrad der Aufgabe D, den die Graphik zeigt, liegt darin begründet, daß die Antwortauswahl aus Wörtern besteht, die zum einen alle aus dem Gebiet der Optik stammen und zu anderen der Umgebung des Kindes fremd sind.

Der relativ geringere Schwierigkeitsgrad der Aufgabe C gegenüber der Aufgabe T, der durch die Graphik gezeigt wird, ist wahrscheinlich auf die jeweils differenzierten Unterschiede in den Wortbedeutungen zurückzuführen.

Der statistische C.L.R.-Test für die verschiedenen Teilstichproben dieser Untergruppe (Abb. 13) zeigt Übereinstimmung mit dem Modell von R a s c h .

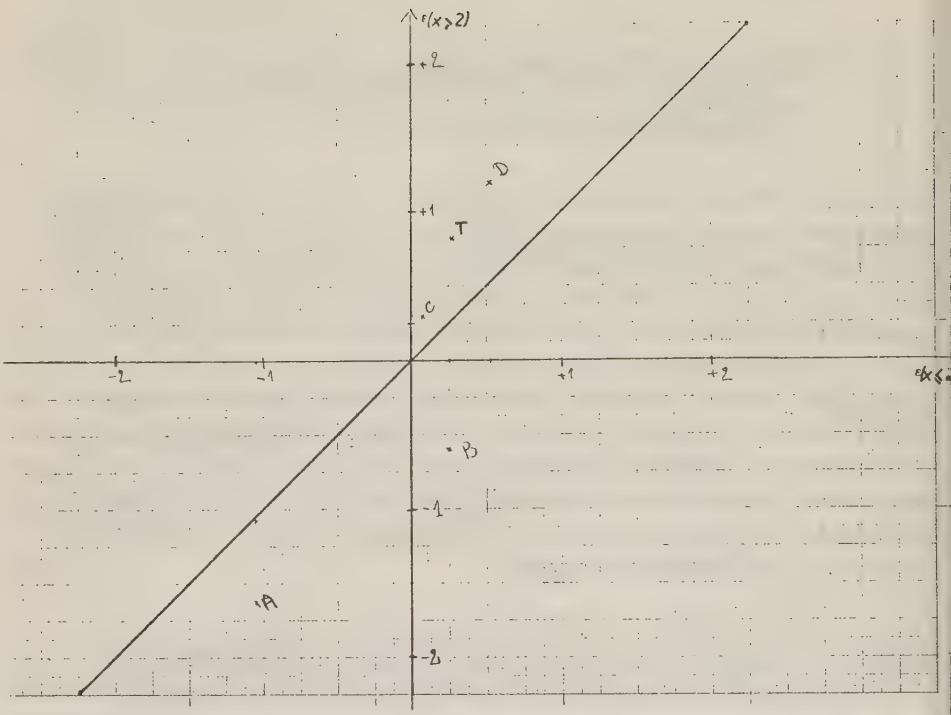


Abbildung 3.12: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben A, B, C, D, T

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x \leq 2)$ 2 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x > 2)$ mehr als 2 richtige Lösungen) ermittelt wurden. Hohe Werte entsprechen einer relativ hohen Schwierigkeit der Aufgabe. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1 liegen.

Tabelle 3.12a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben A, B, C, D, T

Itemrandsummen:

Itemnr.	A	B	C	D	T
Randsumme	157	121	113	82	97

Personenrohwerteverteilung:

Rohwert	1	2	3	4	5
Häufigkeit	32	44	44	32	38

Aufgabenparameterwerte:

A -1,241156 B -0,176697 C + 0,0389707

D +0,905594 T +0,473693

Tabelle: 3.13. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die Aufgaben A,B,C,D,T bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL.... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
K.T. Kinder.... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben			$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	$\chi^2_{5\%}$	Abweichung
Alter > 7	lnL_1	=-115,142				
Alter $\leqslant 7$	lnL_2	=-143,997	3,244	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-262,383				
männlich	lnL_1	=-161,374				
weiblich	lnL_2	=-94,314	6,695	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-262,383				
K.T. Kinder	lnL_1	=-156,603				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2	=-99,938	5,842	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-262,383				
Alter $>7,5$	lnL_1	=-69,130				
Alter $6,5 \leqslant X \leqslant 7,5$	lnL_2	=-131,787	2,574	8	15,5	nicht signifikant
Alter $\leqslant 6$	lnL_3	=-58,892				
Gesamtstichprobe	lnL	=-262,383				
hoher Rohwert $\varepsilon(x > 2)$	lnL_1	=-119,050				
niedriger $\varepsilon(x \leqslant 2)$	lnL_2	=-136,442	6,891	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-262,383				

3.1.7. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben E, F, G, H, I
(2. Untergruppe der Wörter-Tests)

Die Lösung dieser Aufgaben erfordert das Erkennen eines Teils vom Ganzen.

Die statistische Modellkontrolle anhand des C.L.R.-Tests (Abb. 3.14) zeigt keine signifikante Abweichung der Items. Die graphische Modellkontrolle ist in Abb. 3.15 dargestellt. Die relativ größere Schwierigkeit der Aufgabe I entspricht der Konstruktionshypothese, weil die Wörter in der Antwortauswahl alle aus demselben Gebiet (Tiere) stammen.

Die Einfachheit der Aufgabe F dagegen dürfte dadurch bedingt sein, daß die falschen Wortpaare unter den Antwortalternativen aus nicht zusammenpassenden Wörtern bestehen.

Tabelle: 3.14. Ergebnisse der statistischen Modeltests für die Aufgaben E,F,G,H,I bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe

K.T. Kinder.... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen

Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter >7	$lnL_1 = -122,562$				
Alter $\leqslant 7$	$lnL_2 = -99,394$	2,564	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -224,520$				
männlich	$lnL_1 = -117,795$				
weiblich	$lnL_2 = -104,984$	1,741	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -224,520$				
K.T. Kinder	$lnL_1 = -136,096$				
Nicht-K.T.Kinder	$lnL_2 = -81,458$	6,966	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -224,520$				
Alter $>7,5$	$lnL_1 = -55,850$				
Alter $6,5 \leqslant X \leqslant 7,5$	$lnL_2 = -105,492$				nicht
Alter $\leqslant 6$	$lnL_3 = -55,481$	7,697	8	15,5	signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -224,520$				
hoher $\varepsilon(x>2)$ Rohwert	$lnL_1 = -82,787$				
niedriger $\varepsilon(x\leqslant 2)$	$lnL_2 = -137,711$	4,022	4	9,49	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -224,520$				

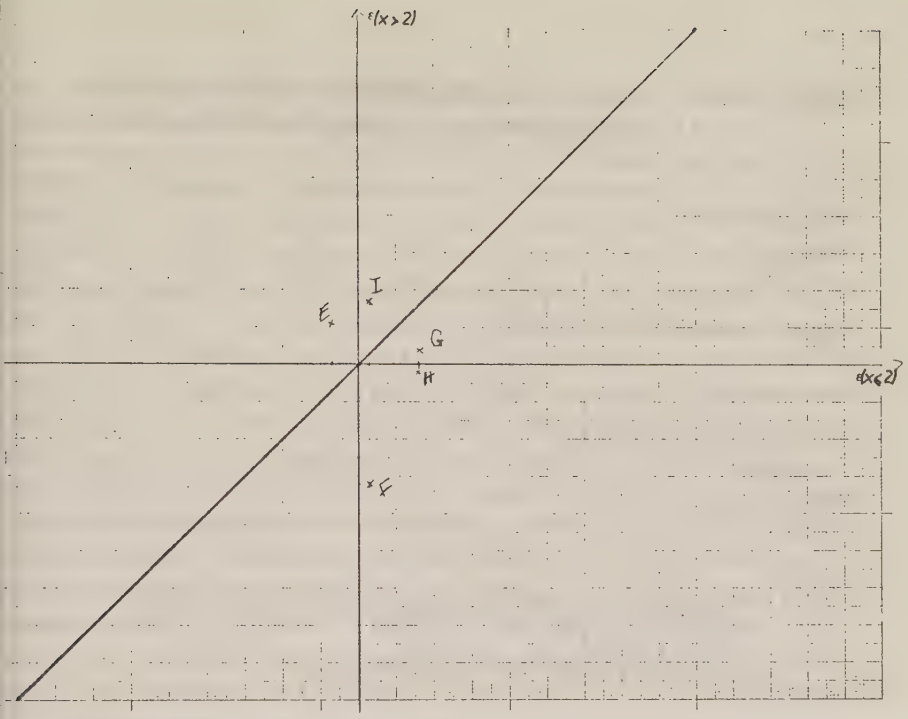


Abbildung 3.15: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben E, F, G, H, I

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x \leq 2)$ 2 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x > 2)$ mehr als 2 Lösungen) ermittelt wurden. Große Parameterwerte entsprechen großen Aufgabenschwierigkeiten. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1 liegen.

Tabelle 3.15a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameter für die Aufgaben E, F, G, H, I

Itemrandsummen:					
Itemnr.	E	F	G	H	I
Randsumme	103	108	95	112	96
Personenrohwerteverteilung:					
Rohwert	1	2	3	4	5
Häufigkeit	32	39	31	24	49
Aufgabenparameterwerte:					
E -0,00993171	F -0,160694		G +0,271118	H -0,315812	
I +0,235320					

3.1.8. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben J, K, L, M, N

(3. Untergruppe des Wörter-Tests)

Die Lösung dieser Aufgaben erfordert das Erkennen von zwei Teilen eines Ganzen. Eine erste statistische Modellkontrolle zeigt eine signifikante Abweichung.

Abbildung 3.16: Ergebnis des statistischen Modelltests für die Aufgaben J, K, L, M, N mit den Teilstichproben unterschiedlicher Rohwerte

$lnL_1, lnL_2 \ldots lnL$ logarithmierte Likelihood der verschiedenen Teilstichproben. $E(x)$ richtig gelöste Aufgabenzahl bei der verschiedenen Teilstichproben.

Teilstichprobe $E(x>2)$ lnL_1=-96,977 df=4

Teilstichprobe $E(x \leq 2)$ lnL_2=-201,164

Gesamtstichprobe lnL =-333,766 χ^2_{95}=9,49

$lnL-(lnL_1+lnL_2)$ =23,151 Abweichung signifikant

ie graphische Modellkontrolle (Abb. 3.17) zeigt für die Auf-
abe M eine große Abweichung. Diese Aufgabe ist deshalb am
eichtesten, weil der enge begriffliche Zusammenhang der Wörter
RANKHEIT - GRIPPE - KREBS schon im gewöhnlichen Sprachgebrauch
orhanden ist. Hier bedurfte es keiner besonderen Überlegung
er Kinder. Für die Aufgabe N war nach der Aufgabenkonstruk-
ionshypothese ein hoher Schwierigkeitsgrad zu erwarten, weil
ier alle Wörter aus dem Bereich des häuslichen Lebens stam-
en. Daß die Aufgabe den Kindern mit niedriger Maßzahl leichter
efallen ist, ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß
iese Kinder die Lösung HAUS - TÜR - FENSTER ohne besondere
berlegung als zusammenhängende Begriffe des alltäglichen
prachgebrauchs erkannt haben. Die Kinder mit niedriger Maßzahl
ersuchen, die Lösungen eher zu erraten als die dafür notwen-
igen logischen Verknüpfungen anzuwenden. Diese klischeeartige
eststellung des Zusammenhangs der Wörter entspricht der Iden-
itätsfeststellung in den Denkaufgaben, für die wir schon oben
inen geringen Schwierigkeitsgrad festgestellt haben.

er statistische C.L.R.-Test (Abb. 3.18) für die drei Aufgaben
ach der Ausscheidung der Aufgaben M und N weist keine signi-
ikante Abweichung vom Modell auf.

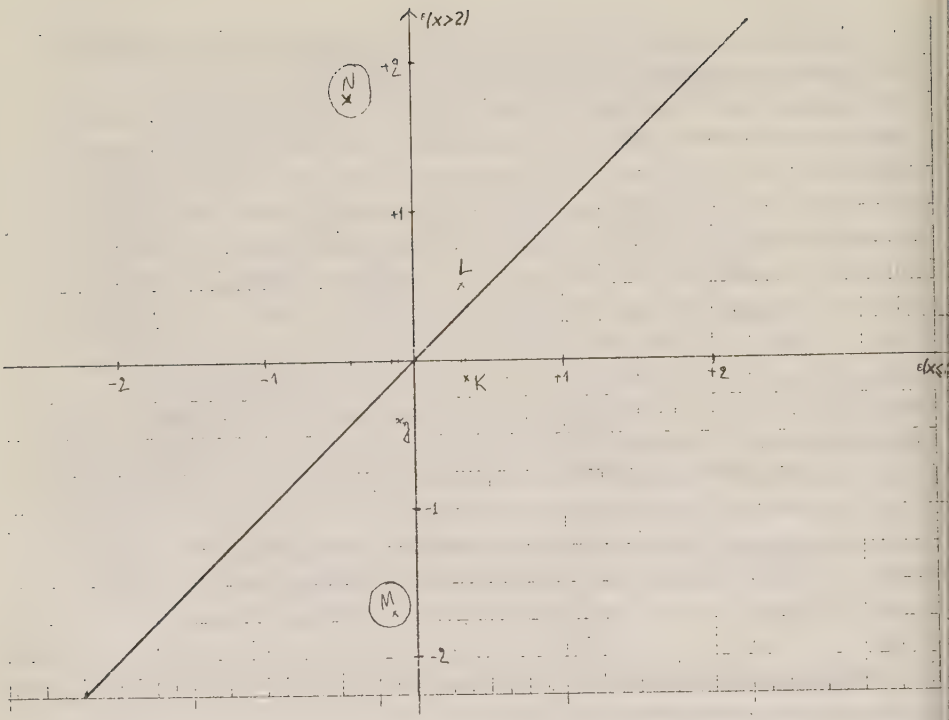


Abbildung 3.17: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben J, K, L, M, N

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($E(x \leq 2)$ 2 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($E(x > 2)$ mehr als 2 Lösungen) ermittelt wurden. Große Parameterwerte entsprechen großen Aufgabenschwierigkeiten. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1 liegen.
Die Aufgaben M und N sind wegen ihrer größeren Abweichung ausgeschieden.

Tabelle 3.17a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben J, K L

Itemrandsummen:			
Itemnr.	J	K	L
Randsumme	104	89	79
Personenrohwerteverteilung:			
Rohwert	1	2	3
Häufigkeit	62	48	38
Aufgabenparameterwerte:			
J -0,367607	K. +0,0414042		L +0,326202

Tabelle: 3.18. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die Aufgaben J,K,L (Nach der Ausscheidung der Aufgaben M und N) bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
K.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter > 7	lnL_1 = -49,179				
Alter $\leqslant 7$	lnL_2 = -65,063	2,305	2	5,99	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -116,497				
männlich	lnL_1 = -69,669				
weiblich	lnL_2 = -44,565	2,263	2	5,99	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -116,497				
K.T. Kinder	lnL_1 = -74,128				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2 = -39,752	2,617	2	5,99	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -116,497				
Alter $> 7,5$	lnL_1 = -33,362				
Alter $6,5 \leqslant X \leqslant 7,5$	lnL_2 = -59,269				nicht
Alter $\leqslant 6$	lnL_3 = -17,518	6,348	4	9,49	signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -116,497				
hoher Rohwert $\varepsilon(x) 1$)	lnL_1 = -47,524				
niedriger $\varepsilon(x \leqslant 1$)	lnL_2 = -67,062	1,911	2	5,99	nicht signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -116,497				

3.1.9. Prüfung der Modellkontrolle für die Aufgaben O, P, Q, R, S
(4. Untergruppe des Wörter-Tests)

Die Lösung dieser Aufgaben erfordert das Erkennen von drei Teilen eines Ganzen.

Der in Abbildung 3.19 angeführte C.L.R.-Test für die verschiedenen Teilstichproben dieser Untergruppe zeigt keine signifikante Abweichung der Items. Die in Abbildung 3.20 angeführte graphische Modellkontrolle gibt Hinweise über die relative Schwierigkeit der Aufgaben. Daß die Aufgabe S am schwierigsten ist, war nach der Konstruktionshypothese zu erwarten, da die logische Verknüpfung der Wörter hier ein hohes Maß an Abstraktion erfordert. Da die Kinder nicht genau die Zugehörigkeit der Teile (Wolle, Milch, Fleisch) zum Ganzen (Schaf) beachten, wählen sie häufig die auf den ersten Blick zusammenpassenden Wörter aus, wie z.B. AFFE - BAUCH - PELZ - MAUS.

Die Aufgabe R wiederum ist ein Klischee im Sprachgebrauch. Daher konnten die Kinder die richtige Antwort ohne Beachtung der logischen Verknüpfungen finden. Die Denkoperation ist hier analog der Identitätsfeststellung, deren Einfachheit bereits gezeigt wurde (vgl. 3.1.1).

Tabelle: 3.19. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die Aufgaben O,P,Q,R,S bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
K.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter > 7	lnL_1 = -119,764				
Alter ≤ 7	lnL_2 = -105,136				nicht
		4,928	4	9,49	
					signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -227,228				
männlich	lnL_1 = -120,431				
weiblich	lnL_2 = -105,442				nicht
		1,355	4	9,49	
					signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -227,228				
K.T. Kinder	lnL_1 = -152,944				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2 = -72,778				nicht
		1,506	4	9,49	
					signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -227,228				
Alter > 7,5	lnL_1 = -72,117				
Alter 6,5 ≤ X ≤ 7,5	lnL_2 = -116,591				nicht
Alter ≤ 6	lnL_3 = -36,431	2,089	8	15,5	
					signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -227,228				
hoher ε(x > 2) Rohwert	lnL_1 = -89,704				
niedriger ε(x <)	lnL_2 = -131,024				nicht
		6,500	4	9,49	
					signifikant
Gesamtstichprobe	lnL = -227,228				

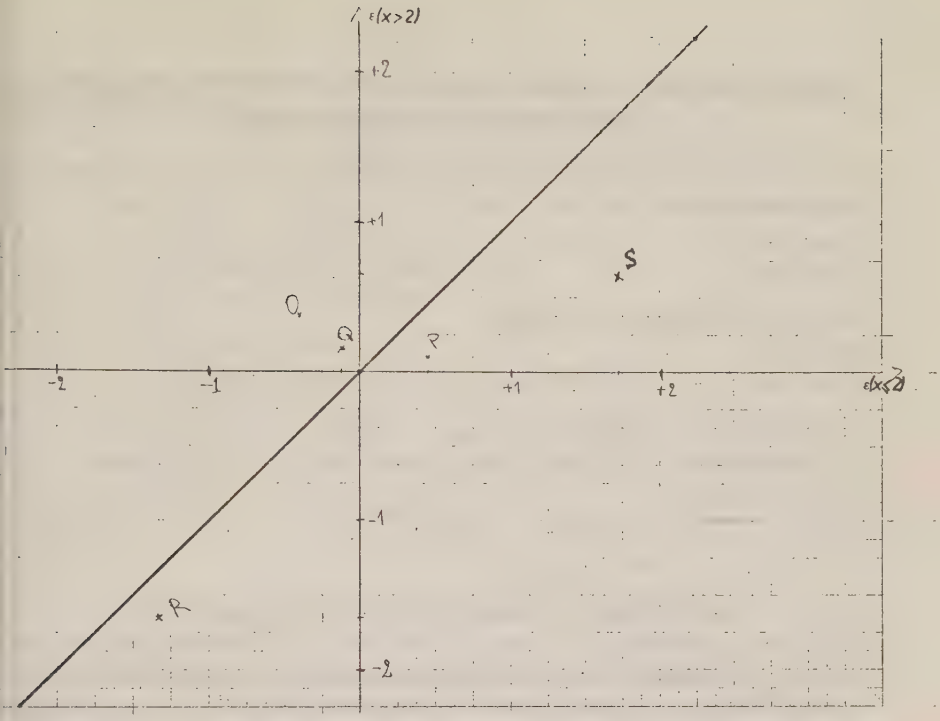


Abbildung 3.20: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben O, P, Q, R, S

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x \leq 2)$ 2 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x > 2)$ mehr als 2 Lösungen) ermittelt wurden. Große Parameterwerte entsprechen großen Aufgabenschwierigkeiten. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1 liegen.

Tabelle 3.20a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameter für die Aufgaben O, P, Q, R, S

Itemrandsummen:					
Itemnr.	O	P	Q	R	S
Randsumme	92	84	92	137	50
Personenrohwerteverteilung:					
Rohwert	1	2	3	4	5
Häufigkeit	39	41	30	36	20
Aufgabenparameterwerte:					
O -0,0406716	P +0,206739	Q -0,0406716	R -1,46037		
S +1,33497					

3.1.10. Die homogene Klasse der Wörter-Test-Aufgaben

Aus der Einzelanalyse jeder Untergruppe der Wörter-Test-Aufgaben (nach Ausscheidung der Aufgaben M und N in der 3. Untergruppe) war zu ersehen, daß diese eine homogene Aufgabenklasse bilden. Eine schärfere Modellkontrolle ergibt sich bei der gleichzeitigen Modellkontrolle aller Wörter-Aufgaben.

Die statistische Modellkontrolle der 18 Items ergab eine signifikante Abweichung, deren Berechnung in Abbildung 3.21 durchgeführt ist.

Abbildung 3.21: **Ergebnis des statistischen Modelltests für die 18 Items der Wörter-Aufgaben mit den Teilstichproben unterschiedlicher Rohwerte**

$lnL_1, lnL_2 \ldots\ldots lnL$ logarithmierte Likelihood der verschiedenen Teilstichproben. $E(x)$ richtig gelöste Aufgabenzahl bei der verschiedenen Teilstichproben.

Teilstichprobe $E(x>9)$	$lnL_1 = -470{,}632$	df=17
Teilstichprobe $E(x\leq 9)$	$lnL_2 = -941{,}559$	$\chi^2_{95}=27{,}6$
Gesamtstichprobe	$lnL = -1449{,}039$	
	$lnL-(lnL_1+lnL_2) = 36{,}848$ Abweichung signifikant	

In der graphischen Modellkontrolle, die in Abbildung 3.22 dargestellt ist, weist die Aufgabe S eine große Abweichung von der Geraden mit dem Anstieg 1 auf, da die Lösung dieser Aufgabe die Beherrschung der Disjunktion und damit ein höheres Ausmaß an Abstraktionsfähigkeit erfordert. Die Teil-Ganzes-Beziehung ist äußerst abstrakt. In anderen Wörter-Aufgaben war diese Wahl nicht so schwierig zu treffen. Die Gründe für die Einfachheit der Aufgaben A und R wurden in den Analysen der Teil-Tests angeführt.

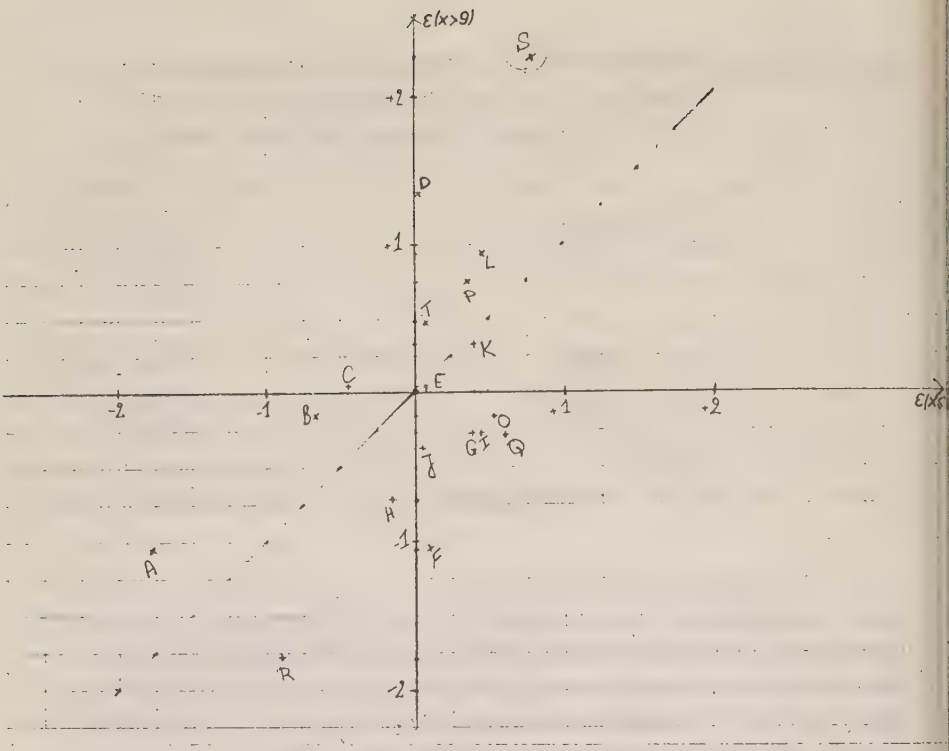


Abbildung 3.22: Graphische Modellkontrolle aller Wörter-Aufgaben (nach der Ausscheidung der Aufgaben M und N)

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($\varepsilon(x \leq 9)$ 9 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($\varepsilon(x > 9)$ mehr als 9 Lösungen) ermittelt wurden. Bei völliger Übereinstimmung der Parameterschätzungen in den beiden Teilstichproben müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden mit dem Anstieg 1 liegen.

Nach dieser Modellkontrolle wurde die Aufgabe S ausgeschieden. Die Schwierigkeit der Aufgabe S beruht darauf, daß hier die logischen Verknüpfungen zur Lösung unbedingt erforderlich sind. Bei anderen Aufgaben erleichtert entweder die konkrete Teilmengen-Beziehung oder die Konstellation der Antwortalternativen die Lösung.

Tabelle 3.22a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameter für die Aufgaben A, B, C, D, T, E, F, G, H, I, J, K, L, O, P, Q, R

Itemrandsummen:

Itemnr.	A	B	C	D	T	E	F	G	H
Randsumme	157	121	113	82	97	103	108	95	112
Itemnr.	I	J	K	L	O	P	Q	R	
Randsumme	96	104	89	79	92	84	92	137	

Personenrohwerteverteilung:

Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Häufigkeit	5	9	14	15	16	14	19	17	8
Rohwert	10	11	12	13	14	15	16	17	
Häufigkeit	7	6	8	10	12	15	15	8	

Aufgabenparameterwerte:

A -1,61834	B -0,495465	C -0,267600	D +0,637496
T +0,190624	E +0,175034	F -0,125366	G +0,248896
H -0,239174	I +0,219720	J -0,0111504	K +0,425894
L +0,730202	O +0,336956	P +0,576400	Q +0,336953
R -0,963544			

Tabelle: 3.23. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die Wörter Aufgaben (Nach der Ausscheidung der Aufgaben M,N,S) bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe

K.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen

Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kinderta esstätte besuchen

gegenüber gestellte Teilstichproben		$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	$\chi^2_{.95}$	Abweichung
Alter >7	$lnL_1 = -752,426$				
Alter $\leqslant 7$	$lnL_2 = -752,426$				nicht
		11,946	16	26,3	
					signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -1352,113$				
männlich	$lnL_1 = -751,589$				
weblich	$lnL_2 = -583,905$				nicht
		11,619	16	26,3	
					signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -1352,113$				
K.T. Kinder	$lnL_1 = -829,522$				
Nicht-K.T.Kinder	$lnL_2 = -502,819$				nicht
		19,772	16	26,3	
					signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -1352,113$				
Alter $>7,5$	$lnL_1 = -367,546$				
Alter $6,5 \leqslant X \leqslant 7,5$	$lnL_2 = -667,913$				nicht
Alter $\leqslant 6$	$lnL_3 = -293,802$	22,852	32	43,8	
					signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -1352,113$				
hoher $\varepsilon(x > 8)$ Rohwert	$lnL_1 = -498,434$				
niedriger $\varepsilon(x < 8)$	$lnL_2 = -829,648$				nicht
		24,031	16	26,3	
					signifikant
Gesamtstichprobe	$lnL = -1352,113$				

n der Abbildung 3.23 ist die statistische Modellkontrolle nach der Ausscheidung der Aufgabe S) für die Teilstichproben er gesamten Wörter-Aufgaben dargestellt. Die hohe Übereinstimung mit dem Modell von R a s c h, die in Abbildung 3.23 deutlich wird, zeigt die Homogenität der Aufgaben und begründet die nterstellung einer genaueren logischen Verhaltensdisposition ei der Lösung der Aufgaben.

.1.11. Prüfung der Modellgeltung für die Aufgaben 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 491
(1. Untergruppe der Federwaage-Aufgaben)

ie Abbildung 3.24 stellt die Personen-Rohwert-Verteilung dieer Aufgaben dar. Mehr als die Hälfte der Kinder haben 9 oder O Aufgaben richtig gelöst. Die Kinder konnten diese Aufgaben eshalb so einfach lösen, weil sie nur ein Gewicht anbringen ußten. Die Kinder ordneten jedem Bild einen Haken zu, wodurch ie Lösung recht einfach war. Die Beherrschung des Hebelgesetes war hier nicht notwendig, sondern die Kinder bildeten 2 eihen, worin jeder Position der einen Reihe eine bestimmte osition der anderen Reihe entsprach. Dieses Ergebnis stimmt it der Theorie von P i a g e t (1955) überein, daß die Kinder eihen bilden können. Wegen der Leichtigkeit der Items war eine odellkontrolle der Aufgaben bei Kindern mit hohem und niedriem Rohwert nicht erforderlich.

bbildung 3.24: Rohwert-Verteilung der 1. Untergruppe Federwaage-Aufgaben

Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Häufigkeit	2	4	8	8	8	12	11	24	25	88

123 Kinder haben 9 oder 10 Aufgaben gelöst.

ie statistischen Modellkontrollen für verschiedene Teilstichroben ergaben für diese 10 Aufgaben (Abb. 3.25) eine sehr ute Übereinstimmung mit dem Modell von R a s c h.

Tabelle 3.24a: Itemrandsummen und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 491

Itemrandsummen:

Itemnr.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	491
Randsumme	174	180	154	136	158	166	151	171	171	181

Aufgabenparameterwerte:

41. -0,477328	42. -0,875733	43. +0,557212	44. +1,30401
45. +0,373339	46. -0,0240603	47. +0,689922	48. -0,299048
49. -0,299048	491. -0,949262		

belle: 3.25. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die
fgaben 41,42,43,44,45,46,47,48,49,491 bei verschiedenen Teilstich-
ben.

$-1, lnL_1, lnL_2, lnL_3$ ..logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
cht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

denüber tellte lstichproben			$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
lter > 7	lnL_1	=-123,320				
lter ≤ 7	lnL_2	=-260,063				nicht
			5,741	9	16,9	
						signifikant
esamtstichprobe	lnL	=-389,124				
ännlich	lnL_1	=-223,858				
eiblich	lnL_2	=-161,254				nicht
			4,012	9	16,9	signifikant
esamtstichprobe	lnL	=-389,124				
.T. Kinder	lnL_1	=-188,509				
icht-K.T.Kinder	lnL_2	=-191,433				nicht
			9,182	9	16,9	signifikant
esamtstichprobe	lnL	=-389,124				
lter >7,5	lnL_1	=-91,708				
lter $6,5 \leq X \leq 7,5$	lnL_2	=-176,538				nicht
lter ≤ 6	lnL_3	=-105,125	15,753	18	28,9	signifikant
esamtstichprobe	lnL	=				

3.1.12. Prüfung der Modellkonformität für die Aufgaben 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 598 (2. Untergruppe der Federwaage-Aufgaben)

Die Lösung dieser Aufgaben erfordert meistens die Anbringung von 2 Gewichten auf dem Waagebalken. Ein erster statistischer Modellgeltungstest mit den 10 Items zeigt eine signifikante Abweichung (Abb. 3.26).

Abbildung 3.26: Ergebnis des statistischen Modelltests für die 10 Items der 2. Untergruppe der Federwaage-Aufgaben nach dem Rohwert

lnL_1, lnL ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben
$E(x)$ ... richtig gelöste Aufgabenzahl bei den verschiedenen Teilstichproben

Teilstichprobe	$E(x>2)$	lnL_1 = -496,294	df = 9	
Teilstichprobe	$E(x\leq 2)$	lnL_2 = -185,479	χ^2_{35} = 16,9	
Gesamtstichprobe		lnL = -701,075		
		$lnL-(lnL_1+lnL_2)$ = 19,302	Abweichung signifikant	

Die in Abbildung 3.27 angeführte graphische Modellkontrolle zeigt eine starke Modellabweichung der Aufgabe 598. Diese Aufgabe ist die schwierigste für die Vpn mit hohem Rohwert. Die Schwierigkeit beruht darauf, daß zur Lösung der Aufgabe 3 Gewichte bzw. Waagebalkenabschnitte zu kombinieren sind. Daß einige Kinder mit niedriger Maßzahl die richtige Lösung gefunden haben, dürfte auf die einfache Überlegung zurückzuführen sein, daß die Ansammlung von 3 Gewichten in ihren Augen die schwerste Gewichtskonstellation darstellte und die Lösung deshalb der oberste Elefant sein müßte. Die Schwierigkeit dieser Aufgabe ist ein Beweis für die graduelle Entwicklung der Beherrschung des Hebelgesetzes. Die Zahl der zu kombinierenden Variablen (Gewichte bzw. Waagebalkenabschnitte) bestimmt die Schwierigkeit der Aufgabe.

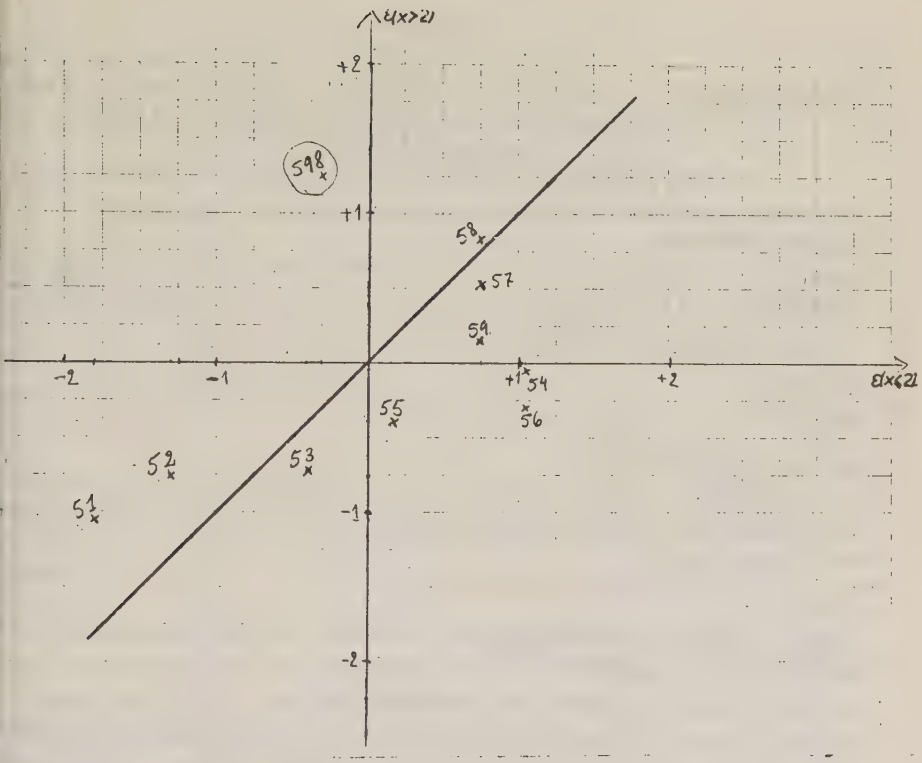


Abbildung 3.27: Graphische Modellkontrolle für die Aufgaben 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 598

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($E(x \leq 2)$ 2 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($E(x > 2)$ mehr als 2 Lösungen) ermittelt wurden.
Die Aufgabe 598 ist wegen ihrer großen Abweichung auszuscheiden. Die Schwierigkeit der Aufgabe 598 beruht darauf, daß 3 Gewichte und 3 Waagebalkenabschnitte zur Lösung kombiniert werden müssen. Bei den anderen Aufgaben sind weniger Teile zu kombinieren. Die relative Leichtigkeit der Aufgaben 51 und 52 ist auf die Art der Durchführung zurückzuführen (siehe Testdurchführung).

Tabelle 3.27a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Aufgaben 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Itemrandsummen:									
Itemnr.	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Randsumme	118	101	84	57	60	64	43	36	53
Personenrohwerteverteilung:									
Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Häufigkeit	38	44	26	26	19	14	9	6	2

Aufgabenparameterwerte:

51. -1,31333 52. -0,897513 53. -0,472878 54. +0,275848
55. +0,185120 56. +0,0678544 57. +0,741652 58. +1,01214
59. +0,401110

Daher scheint ein sprunghafter Übergang von der Nicht-Beherrschung zur Beherrschung des Hebelgesetzes nicht zutreffend zu sein, wie man ihn nach der Phasenkonzeption P i a g e ts erwarten könnte. Vielmehr muß eine graduelle Entwicklung dieser Fähigkeit angenommen werden. Nach der Graphik (Abb. 3.27) sind die Aufgaben 51, 52 als leicht zu erkennen, was auf die Art der Durchführung zurückzuführen ist. Die relative Schwierigkeit der Aufgaben 57, 58, 59 war bereits nach der Konstruktionshypothese zu erwarten. Die Aufgabe 59 scheint leichter zu sein, weil die Kinder raten konnten, um die Lösung zu finden. Die Tabelle 3.28 stellt den C.L.R.-Test für die verschiedenen Teilstichproben nach der Ausscheidung der Aufgabe 598 dar. Hier ist wiederum hohe Übereinstimmung mit dem Modell von R a s c h zu beobachten.

Tabelle: 3.28. Ergebnisse der statistischen Modelltests für die Aufgaben 51,52,53,54,55,56,57,58,59 (Nach der Ausscheidung der Aufgabe 548) bei verschiedenen Teilstichproben.

lnL_1, lnL_2, lnL... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben und der Gesamtstichprobe
K.T. Kinder... Kinder die eine Kindertagesstätte besuchen
Nicht-K.T. Kinder... Kinder die keine Kindertagesstätte besuchen

genüber stellte ilstichproben			$lnL-(lnL_1+lnL_2+lnL_3)$	df	χ^2_{95}	Abweichung
Alter >7	lnL_1	=-274,919				
Alter $\leqslant 7$	lnL_2	=-323,820				nicht
			3,224	8	15,5	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-601,963				
männlich	lnL_1	=-352,819				
weiblich	lnL_2	=-243,632				nicht
			5,512	8	15,5	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-601,963				
K.T. Kinder	lnL_1	=-358,487				
Nicht-K.T.Kinder	lnL_2	=-233,120				nicht
			10,356	8	15,5	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-601,963				
Alter $>7,5$	lnL_1	=-196,009				
Alter $6,5 \leqslant X \leqslant 7,5$	lnL_2	=-287,962				nicht
Alter $\leqslant 6$	lnL_3	=-113,253	4,739	16	26,3	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-601,963				
oher $\varepsilon(x) \geq 2$) Rohwert iedriger $\varepsilon(x \leqslant 2)$	lnL_1	=-401,662				
	lnL_2	=-188,766				nicht
			11,535	8	15,5	
						signifikant
Gesamtstichprobe	lnL	=-601,963				

3.1.13. Die homogene Klasse aller Test-Aufgaben

In der Analyse der einzelnen Test-Teile habe ich einige Aufgaben wegen ihres zu niedrigen bzw. zu hohen Schwierigkeitsgrades ausgeschieden. Eine statistische Modellkontrolle für die in der Analyse verbliebenen 50 Items ergibt, wie die Abbildung 3.29 zeigt, eine signifikante Abweichung.

Abbildung 3.29: Ergebnis des statistischen Modelltests für die 50 Items aller Test-Teile mit den Teilstichprobenunterschiedlicher Maßzahl

lnL_1, lnL_2, lnL logarithmierte Likelihood der Teilstichproben. $\varepsilon(x)$ richtig gelöste Aufgabenzahl bei verschiedenen Teilstichproben.

Teilstichprobe	$\varepsilon(x>22)$ lnL_1	= -2515,584	df = 49
Teilstichprobe	$\varepsilon(x\leq 22)$ lnL_2	= -2849,705	χ^2_{95} = 67,5
Gesamtstichprobe	lnL	= -5456,271	
	$lnL-(lnL_1+lnL_2)$	= 90,982	signifikante Abweichung

In Abbildung 3.30 ist die graphische Modellkontrolle der gesamten Testaufgaben abgebildet. Besonders die Aufgaben R, H, E, die aus dem Wörter-Test stammen, weisen größere Abweichungen von der Geraden mit dem Anstieg 1 auf. Die Aufgabe R, die wegen ihres häufigen Auftretens im gewöhnlichen Sprachgebrauch am leichtesten ist, erfordert bei den Kindern zur Lösung keine logischen Verknüpfungen. Deshalb haben die Kinder die Antwort spontan gefunden. Diese Aufgabe mußte wegen ihres zu geringen Schwierigkeitsgrades aus dem Gesamttest herausgenommen werden. Die Abweichung der Aufgaben H und E läßt sich wahrscheinlich damit erklären, daß die Teil-Ganzes-Beziehung hier zu konkret war und deswegen keine größere Schwierigkeit darstellt.

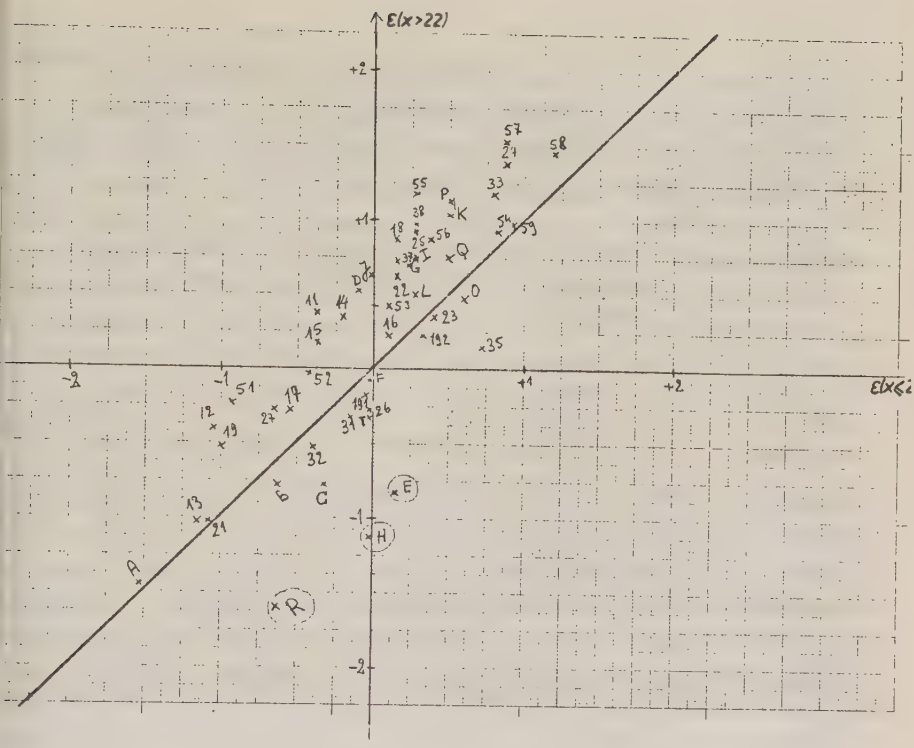


Abbildung 3.30: Graphische Modellkontrolle für die 50 Testaufgaben

Die Koordinaten der Punkte entsprechen den Aufgabenparameterschätzungen, die in den Teilstichproben von Kindern mit niedrigem Rohwert ($E(x \leq 22)$ 22 oder weniger richtige Lösungen) bzw. von Kindern mit hohem Rohwert ($E(x > 22)$ mehr als 22 Lösungen) ermittelt wurden.

Die Aufgaben R, H, E sind nicht modellkonform. Deshalb wurden sie aus dem Gesamttest ausgeschieden. Die Aufgabennummern, die mit der Ziffer 1 beginnen, gehören zur 2. Untergruppe der Bilder-Aufgaben, diejenigen, die mit 2 beginnen, zur 3. Unter-

gruppe, und die mit 3 beginnenden zur 4. Untergruppe der Bilder-Aufgaben. Die Wörter-Aufgaben sind mit Buchstaben gekennzeichnet. Die Aufgaben, deren Nummer mit 5 anfängt, gehören zur 2. Untergruppe der Federwaage-Aufgaben.

Tabelle 3.30a: Itemrandsummen, Rohwertverteilung und Aufgabenparameterwerte für die Gesamttest-Aufgaben

Itemrandsummen:

Itemnr.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	191
Randsumme	91	125	139	88	95	83	109	69	126	65
Itemnr.	192	21	22	23	24	25	26	27	31	32
Randsumme	78	138	74	74	46	65	96	112	100	110
Itemnr.	33	35	37	38	A	B	C	D	T	F
Randsumme	51	72	72	64	157	121	113	82	97	108
Itemnr.	G	I	J	K	L	O	P	Q	51	52
Randsumme	95	96	104	89	79	92	84	92	118	101
Itemnr.	53	54	55	56	57	58	59			
Randsumme	84	57	60	64	43	36	53			

Personenrohwertverteilung:

Rohwert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Häufigkeit	0	0	0	0	0	0	0	4	6	5	7	5
Rohwert	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Häufigkeit	8	4	14	8	10	11	10	13	13	10	8	7
Rohwert	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Häufigkeit	8	5	1	6	8	5	2	3	2	5	1	5
Rohwert	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
Häufigkeit	0	2	0	0	1	0	2	1	0	0	0	

Aufgabenparameterwerte:

11 -0,0575889	12 -0,823747	13 -1,16469	14 +0,0102559
15 -0,147387	16 +0,124639	17 -0,459498	18 +0,458606

ortsetzung Tabelle 3.30a

9	-0,847193	191	-0,147387	192	+0,241184	21	-1,13924
2	+0,336423	23	+0,336423	24	+1,09430	25	+0,559391
5	-0,169478	27	-0,526689	31	-0,258962	32	-0,481862
3	+0,941990	35	+0,384839	37	+0,384839	38	+0,585074
	-1,67060	B	-0,730972	C	-0,549161	D	+0,147755
	-0,192082	F	-0,437163	G	-0,147387	I	-0,169748
	-0,348011	K	-0,0124151	L	+0,217671	O	-0,0801006
	+0,101609	Q	-0,0801006	51	-0,662298	52	-0,281229
3	+0,101609	54	+0,771323	55	+0,690016	56	+0,585074
7	+1,19111	58	+1,43735	59	+0,883783		

ine nähere Betrachtung der Abbildung 3.30 zeigt, daß die Para-
eterwerte der Aufgaben A, B, C, T - mit Ausnahme von D - im
nteren linken Quartal der Graphik liegen. Das sind jene Wörter-
ufgaben, in denen Synonyme gesucht werden sollten. Diese
ufgaben sind wegen ihrer Einfachheit nicht ausgeschieden, wie
as bei der 1. Untergruppe der Bilder-Aufgaben und Federwaage-
ufgaben der Fall war. Synonymie-Aufgaben sind verhältnismäßig
infacher als die Aufgaben, in denen Teil-Ganzes-Beziehungen zu
uchen sind. Es liegt nahe, daß die graduelle Schwierigkeit bei
örter-Aufgaben größer ist als bei visuellen und Handlungs-
ufgaben, weil dort die konkrete Erfaßbarkeit geringer ist.
ie schwierigsten Aufgaben 57 und 58 sind Federwaage-Aufgaben,
eil deren Lösung die größte Zahl der zu kombinierenden Teile
rforderte. Es ist auch bemerkenswert, daß alle Bilder-Aufgaben,
ie im unteren linken Quartal der Graphik stehen, zu ihrer
ösung nicht die strikte Anwendung der Disjunktion erfordern,
ondern mit Raten und Identitätssuche gelöst werden können.
hnliches gilt auch für die Federwaage-Aufgaben 51, 52, deren
ösung dadurch vereinfacht wurde, daß die Aufgaben den vorher-
ehenden Beispielen sehr ähnlich waren und daß die Art der
urchführung die Lösung selbst nahelegte.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die für die Lösung der Aufgaben im unteren linken Quartal notwendigen Denkprozesse - sei es Reihenbildung (bei den Federwaage-Aufgaben) oder Identitätsfeststellung (bei den Bilder-Aufgaben) oder die Synonomie-Erfassung (bei den Wörter-Aufgaben) - in einem engen Zusammenhang stehen. Die übriggebliebenen 47 Items des Gesamt-Tests zeigen eine gute Übereinstimmung mit dem Modell von R a s c h, wie aus der Abbildung 3.31 hervorgeht.

Abbildung 3.31: Ergebnis des statistischen Modelltests für die 47 Items aller Testaufgaben bei verschiedenen Rohwertgruppen

lnL_1, lnL_2 ... logarithmierte Likelihood der Teilstichproben. $\varepsilon(x)$ richtig gelöste Aufgabenzahl bei den verschiedenen Teilstichproben

Teilstichprobe $\varepsilon(x>19)$	lnL_1 = -2796,333	df = 46	
Teilstichprobe $\varepsilon(x\leq 19)$	lnL_2 = -2270,370	χ^2_{95} = 67,5	
Gesamtstichprobe	lnL = -5126,667		
	$lnL-(lnL_1+lnL_2)$ = 59,964	Abweichung nicht signifikant	

3.2. Ergebnisse und ihre Interpretation: Denkoperationen und Lernprozesse

3.2.1. Interpretation nach dem logistischen Modell von R a s c h

Die Anwendung der logistischen Funktion von R a s c h läßt nur solche Aufgaben zu, die die Lösung einer einzigen kognitiven Dimension erfordern. Diese Voraussetzung ist im vorliegenden Test dadurch erfüllt, daß man zur Lösung der Aufgaben die "Disjunktion" und deren Spezialfall "Identitäts-Feststellung" verwendet.

Die gute Übereinstimmung der Ergebnisse der statistischen Modellkontrollen mit dem Modell von R a s c h weist darauf hin, daß die visuellen, akustischen und Handlungsaufgaben untereinander homogen sind. Die Homogenität der Aufgaben ist ein Beleg dafür (Erörterung dieses Begriffs siehe F i s c h e r, 1974a), daß die Reaktionswahrscheinlichkeiten auf ein und denselben Personenparameter ϑ_v und analog auf einen einzigen Parameter pro Operation zurückführbar sind. Entsprechend dem Prinzip bedingter Inferenz wurden zur Schätzung der strukturellen Modellparameter CML (Conditional Maximum Likelihood)-Parameterschätzungen herangezogen. Da die CML-Schätzgleichungen nur die strukturellen, nicht aber die inzidentellen Parameter enthalten, ist eine Schätzung der strukturellen Parameter ohne Verzerrung durch die inzidentellen Parameter möglich. Die Genauigkeit der Schätzung der allgemeinen Parameter wird unter anderem durch die Datenmenge und somit die Stichprobengröße bestimmt.

Eine nähere Betrachtung der Aufgabenparameter (σ_i), die eine Differenzskale bilden (vgl. Tab. 3.32), gibt eindeutige Hinweise dafür, daß die Lösung der Aufgaben bei verschiedenen Bereichen annähernd gleiche Schätzwerte ergibt. Nach

Tabelle 3.32 sind die Aufgaben A (σ_i = -1,670), B (σ_i = -0,730), C (σ_i = -0,549) mit den größten negativen Parameterwerten am leichtesten. Es sind die Synonymieaufgaben, die dem 1. Teil der Wörteraufgaben entsprechen. Der 1. Teil der Bilderaufgaben und der Federwaagenaufgaben sind wegen ihrer extremen Leichtigkeit herausgenommen worden. Deswegen liegt es nahe, daß diese Teile der Aufgaben eine gemeinsame Verhaltensdisposition erfordern.

Ein Vergleich der Parameterwerte des 2. Teils der Bilderaufgaben und des 2. Teils der Wörteraufgaben gibt Hinweise für ihren gleichen Schwierigkeitsgrad. Die Aufgaben 11 (σ_i = 0,057), 13 (σ_i = -0,116), 15 (σ_i =-0,147), 14 (σ_i = 0,010), 17 (σ_i = -0,459) und F (σ_i = -0,437), G (σ_i = -0,147), I (σ_i = -0,169) haben ähnliche Parameterwerte, die man auf eine gleiche Denkanforderung zurückführen kann. Die Parameterwerte des 4. Teils der Bilderaufgaben 33 (σ_i = 0,941), 38 (σ_i = 0,585) und des 2. Teils der Federwaageaufgaben 54 (σ_i = 0,771), 55 (σ_i = 0,690), 56 (σ_i = 0,585), 59 (σ_i = 0,883) stimmen ebenfalls überein. Wiederum ist hier die gleiche Schwierigkeit auf eine Ähnlichkeit der Denkanforderungen zurückführbar.

Andererseits zeigen die Parameterwerte von einem Testunterteil große Unterschiede zu den anderen. Das ist ein Hinweis auf die Komplexität der Aufgabenstruktur. Der Grund für die systematische Abweichung in den Parameterwerten bei den Aufgaben O, P, Q ist wahrscheinlich auf die gleiche Materialschwierigkeit bei der Antwortalternative zurückzuführen.

.2.2. Denkoperationen und Lernprozesse

m folgenden sollen nun mit Hilfe des linearen logistischen odells die Aufgabenschwierigkeiten auf gemeinsame Denkoperationen bezogen werden. Die Übereinstimmung der resultierenden arameterwerte mit den ursprünglichen Aufgabenparametern wird ns zeigen, inwieweit die lineare Kombination der Denkoperationen, aus denen die Aufgaben bestehen, deren graduelle chwierigkeit verursacht. Darüber hinaus kann eine Übereinstimmung der Ergebnisse aus der Anwendung des R a s c h - odells mit den durch das lineare logistische Modell vorhergesagten Werten darüber Aufschluß geben, welche gemeinsamen Denkperationen den Verhaltensdispositionen der Testteile zugrundeiegen können.

bbildung 3.32 zeigt die Aufgabenstrukturmatrix, die bei der erechnung der Schätzwerte mit Hilfe des linearen logistischen odells verwendet wurde. In der 1. Spalte wird die jeweilige ahl der identischen Teile einer Testaufgabe angegeben. Die . Spalte gibt die Stimulusdifferenzierbarkeit (Konkretheit der Abstraktheit der Stimuli) an. Die 3. Spalte enthält die ahl der durch Disjunktion zu kombinierenden Teile. Die 4. palte schließlich gibt an, ob bei der Lösung der Aufgabe ein ernprozeß ins Spiel kommt.

ei der Erstellung der Aufgabenstrukturmatrix habe ich folende allgemeine theoretische Grundlagen vorausgesetzt:

ie Spalte 1 (Identitäts-Feststellung) und die Spalte 3 (Disunktion) sind die Operationen, die bei der Erstellung der ufgaben entscheidend waren. Diese Operationen sind grundegend für die Denkentwicklung des Kindes. In meiner theoreischen Annahme gehe ich davon aus, daß die drei verschiedenen usdrucksweisen bei den erwähnten drei Erfahrungsbereichen von er logischen Operation "Disjunktion" abgeleitet werden können.

Tabelle 3.32: Ergebnisse der Analyse der Bilder-, Wörter- und Federwaage-Aufgaben mit dem linearen logistischen Modell

Angegeben sind die zur Analyse herangezogene Aufgabenstrukturmatrix, die Schätzwerte für die Operationsparameter und die Aufgabenschwierigkeitsparameter, geschätzt mit Hilfe des Modells von R a s c h (gekennzeichnet als σ_i) und anhand der Aufgabenstrukturmatrix und der Operationsparameterschätzungen des Modells (gekennzeichnet als $\hat{\sigma}_i$). Der Auswertung der Daten mit dem linearen logistischen Modell liegen 1. die Identitäts-Feststellung, 2. die Stimulusdifferenzierbarkeit, 3. die Disjunktion und 4. ein globaler Lern-Faktor zugrunde. Die Aufgaben 01-09, 34, 36, E, H, M, N, R, S, 41-491, 598, deren Daten zur Parameterschätzung nicht herangezogen wurden, sind in der Tabelle nicht berücksichtigt (vgl. Tab. 2.1). Die Testaufgaben wurden von 200 Kindern bearbeitet.

Aufgaben-nr.	Zur Datenanalyse herangezogene Aufgabenstrukturmatrix				Aufgabenparameterschätzungen		
	Identität 1	Abstraktion 2	Disjunktion 3	Lernen 4	σ_i	$\hat{\sigma}_i$	$\lvert\sigma_i-\hat{\sigma}_i\rvert$
11	2	0	1	0	-0,057	-0,164	0,107
12	2	0	2	2	-0,823	-0,969	0,146
13	0	0	1	1	-0,116	-0,862	0,746
14	3	0	1	0	+0,010	-0,085	0,095
15	2	0	1	0	-0,147	-0,164	0,017
16	4	1	1	0	+0,124	+0,334	0,210
17	3	1	1	1	-0,459	-0,283	0,176
18	5	1	1	0	+0,458	+0,414	0,044
19	4	0	0	1	-0,847	-0,817	0,030
191	6	0	0	0	-0,147	-0,120	0,027
192	6	0	0	0	-0,241	-0,120	0,361
21	2	0	2	2	-1,139	-0,969	0,170
22	2	0	2	0	+0,336	+0,108	0,228
23	3	0	3	0	+0,336	+0,460	0,124
24	3	1	2	0	+1,094	+0,528	0,566
25	4	1	2	0	+0,559	+0,607	0,048
26	4	0	0	0	-0,169	-0,278	0,109
27	6	0	0	0	-0,526	-0,120	0,406
31	3	0	3	1	-0,258	-0,078	0,180
32	3	0	3	2	-0,481	-0,617	0,136
33	1	0	3	0	+0,941	+0,301	0,640
35	2	0	3	0	+0,384	+0,380	0,004
37	3	1	3	0	+0,384	+0,801	0,417
38	3	1	3	0	+0,585	+0,801	0,216

Fortsetzung Tabelle 3.32

Aufgabennr.	Zur Datenanalyse herangezogene Aufgabenstrukturmatrix				Aufgabenparameterschätzungen		
	Identität	Abstraktion	Disjunktion	Lernen			
	1	2	3	4	σ_i	$\hat{\sigma}_i$	$\lvert\sigma_i - \hat{\sigma}_i\rvert$
A	1	0	0	2	-1,670	-1,594	0,076
B	1	0	0	0	-0,730	-0,516	0,214
C	1	0	0	0	-0,549	-0,516	0,033
D	1	1	0	0	+1,477	-0,175	1,652
T	1	0	0	0	-0,192	-0,516	0,324
F	0	0	1	0	-0,437	-0,323	0,114
G	0	0	1	0	-0,147	-0,323	0,176
I	0	1	1	0	-0,169	+0,017	0,186
J	0	0	2	0	-0,348	-0,050	0,298
K	0	0	2	0	-0,012	-0,050	0,038
L	0	1	2	0	+0,217	+0,290	0,073
O	0	0	3	0	-0,080	+0,222	0,302
P	0	0	3	0	-0,101	+0,222	0,323
Q	0	0	3	0	-0,080	+0,222	0,302
51	0	0	4	2	-0,662	-0,582	0,080
52	0	0	4	2	-0,281	-0,582	0,301
53	0	0	4	0	+0,101	+0,495	0,394
54	0	0	4	0	+0,771	+0,495	0,276
55	0	0	4	0	+0,690	+0,495	0,195
56	0	0	4	0	+0,585	+0,495	0,090
57	0	2	4	0	+1,191	+1,177	0,014
58	0	2	4	0	+1,437	+1,177	0,260
59	0	1	4	0	+0,883	+0,836	0,047

Basisparameterwerte:

Identität $\alpha_1 = 0,079$

Stimulusdifferenzierbarkeit $\alpha_2 = 0,340$

Disjunktion $\alpha_3 = 0,272$

Lernfaktor $\beta = -0,538$

Korrelationskoeffizient zwischen σ_i und $\hat{\sigma}_i$ $\varrho = 0,840$

Die Disjunktion ist in den 3 Erfahrungsbereichen folgendermaßen ausgedrückt: Bei Bilderaufgaben erfolgt die Zusammensetzung der schwarzen Teile, bei Wörteraufgaben die Erkennung der Teile von einem Ganzen, bei Federwaageaufgaben die Addition der Waagebalken mit entsprechenden Gewichten.

Ebenso nehme ich an, daß die Identitätsfeststellung in den 3 genannten Erfahrungsbereichen folgendermaßen in 3 verschiedenen Ausdrucksweisen dargestellt werden kann: Bei Bilderaufgaben erfolgt das Erkennen von ähnlichen Bildern, bei Wörteraufgaben das Erkennen von synonymen Wörtern, bei Federwaageaufgaben die Zuordnung von verschiedenen Bildern zu den Gewichten. Genauso nehme ich an, daß von der Identitätsfeststellung die Ähnlichkeit, Synonymie und Zuordnung ableitbar sind. Intuitiv ist dies sofort einleuchtend. Diese Annahmen werden wie folgt begründet:

Identitätsfeststellung: Ähnliche Bilder sind gleiche oder identische Bilder, synonyme Wörter sind Wörter mit gleicher Bedeutung. Die Zuordnung eines Gewichtes zu einem Bild stellen sich für das Kind als kongruente Teile dar.
Disjunktion: Die Zusammensetzung der schwarzen Bilderteile ist eine Vereinigung der verschiedenen Komponenten zu einem Ganzen. Das Erkennen der Wörter als Teil eines Ganzen und deren Zugehörigkeit zu einer Gesamtheit ist die Feststellung einer vereinigten Gesamtheit.

Bei der Strukturdarstellung der Bilderaufgaben wurden die durch Identitätssuche bzw. Disjunktion zu bewältigenden Teile der Aufgabe nicht getrennt gezählt (also z.B. in Aufgabe 14 nicht jedes einzelne Körperteil des Nashorns), sondern die jeweils größten gemeinsamen Teilbereiche. So wurde beim Nashorn der Kopf als ein Teil, der Rumpf mit den beiden mittleren Beinen als ein weiterer und das rechte Hinterbein als ein dritter Teil gezählt,bei dem jeweils Übereinstimmung zwischen den beiden Nashörnern besteht. Daher erfordert die Aufgabenlösung

drei Identitätsfeststellungen, wie aus Tab. 3.32 hervorgeht. Das rechte Vorderbein der beiden Tiere dagegen (beim 1. Tier weiß, beim 2. Tier schwarz) ist durch Disjunktion zu kombinieren. Während ich ursprünglich davon ausging (vgl. Tab. 2.1), daß die Operation für jedes Einzelteil einzeln durchgeführt werden müßte, stellte sich bei den Untersuchungen heraus, daß die Kinder wo immer möglich dazu tendieren, größere gemeinsame Bereiche als ein Teil anzusehen. Deshalb wurde die ursprüngliche Zeile 14 der Strukturmatrix (vgl. Tab. 2.1) von 5010 auf 3010 abgeändert.

Bei den Hexagonen wurde die Aufgabenstrukturmatrix in der Regel in der 2. Spalte mit 1 kodiert, weil hier der Faktor der Stimulusdifferenzierbarkeit eine Rolle spielt, also ein Abstraktionsprozeß erforderlich ist.

Im Wörter-Teil wurden die Synonymie-Aufgaben in der 1. Spalte der Aufgabenstrukturmatrix mit 1 kodiert. Die übrigen Wörteraufgaben wurden in der 3. Spalte mit der Zahl der jeweils durch "Disjunktion" zusammenzusetzenden Teile kodiert. Diejenigen Wörteraufgaben, bei denen die Antwortalternative aus demselben Begriffsgebiet stammen (z.B. bei Aufgabe L), erhielten in der 2. Spalte die Kodierung 1.

Die Schwierigkeit der Federwaage-Aufgaben bestand in der Zahl der zu verteilenden Gewichte und der Kombination der Waagebalkenabschnitte. Da bei den endgültigen Testaufgaben jeweils 2 Gewichte und 2 Waagebalkenabschnitte zu kombinieren waren, wurde die 3. Spalte der Strukturmatrix mit 4 kodiert. Die Federwaage-Aufgaben, bei denen auf der Bilderskala nur Elefanten waren, wurden in der Regel in der 2. Spalte mit 1 kodiert.

Die erste Parameterschätzung der Aufgabenschwierigkeiten mit dem linearen logistischen Modell, die nur die ersten 3 Spalten der Strukturmatrix berücksichtigte, zeigte eine signifikante Abweichung von der Schwierigkeit der Aufgaben. Eine gründliche Analyse der Abweichungen zwischen dem R a s c h -

und dem linearen logistischen Modell half zur Gewinnung von à posteriori-Erkenntnissen bei der Parameterschätzung der Aufgaben. Mehrere Durchläufe der Programme mit dem linearen logistischen Modell mit der Probe verschiedener Zahlen bei der Aufgabenstrukturmatrix ergaben aufschlußreiche Erkenntnisse über die Rolle der Stimulusdifferenzierbarkeit bei der Aufgabenschwierigkeit und auch über das Vorkommen von Lernprozessen, die zur Erleichterung des Verhaltens bei Aufgabenlösungen führten. Die nähere Untersuchung der als schwieriger geschätzten Aufgaben ergab, daß diese Abweichungen nicht zufällig auftraten, sondern durch einen vorexperimentellen Lernprozeß verursacht waren. Aus diesem Grunde wurde als vierter Faktor bei der Erstellung der Aufgabenstrukturmatrix ein Lernfaktor hinzugefügt. Damit ergab sich die Aufgabenstrukturmatrix von Abbildung 3.32. Die Abweichung bei den leichter geschätzten Aufgaben beruhte auf dem Faktor der Stimulusdifferenzierbarkeit, der sich als bedeutender erwies als vorauszusehen war.

Die nähere Untersuchung der Items, die nach dem R a s c h - Modell einen geringeren Schwierigkeitsgrad aufwiesen als bei der theoretischen Schätzung mit Hilfe des Linearen logistischen Modells zu erwarten gewesen war, ergab, daß zur Lösung dieser Aufgaben die Disjunktion nicht unbedingt erforderlich war, sondern daß sie auch mit Hilfe der Identitäts-Feststellung als Sonderfall der Disjunktion gelöst werden konnten. Da die Identitäts-Feststellung den Kindern recht leicht fällt, wurde für die Items dieser Aufgaben als globaler Lernfaktor in der 4. Spalte 1 angesetzt.

Die Formel für die Parameterschätzung mit dem linearen logistischen Modell, das diese Lernkomponente beinhaltet, hat folgendes Aussehen:

$$\sigma_i \simeq \hat{\sigma}_i = \sum_{j=1}^{m} f_{ij} \alpha_j - \sum_{j=1}^{m} f_{ij} \beta + c$$

σ_i ... logarithmierter Aufgabenschwierigkeitsparameter der i-ten Aufgabe des Tests

$\hat{\sigma}_i$ ... theoretischer Aufgabenschwierigkeitsparameter

f_{ij} .. Häufigkeit der j-ten Operation in der i-ten Aufgabe

α_j ... Schwierigkeit der j-ten elementaren Operation des Modells

β ... globaler Übungseffekt

c ... Skalierungskonstante, abhängig von der Normierung der Parameter

Bei diesen Aufgaben ist der Lernfaktor nicht unmittelbar abhängig von der Häufigkeit der vorhergehenden Anwendung der Identitäts-Operation. Die Erleichterung der Identitätsfeststellung besteht vielmehr in der Zusammensetzung der Antwortalternativen der Aufgabe. Das bedeutet, daß der Lerneffekt nicht von der Übungshäufigkeit im Test selbst abhängig ist, sondern von der vorexperimentellen Beherrschung der Identitätsfeststellung.

Tabelle 3.33: Aufgaben, deren Lösung durch Lerneffekt und Identitäts-Feststellung erleichtert sind

Aufgabe Nr.	1	2	3	4
17	3	0	1	1
31	3	0	3	1
12	2	0	2	2
21	2	0	2	2
32	3	0	3	2
A	1	0	0	2
51	0	0	4	2
52	0	0	4	2

Spalte 1: Identitäts-Feststellung
Spalte 2: Stimulusdifferenzierbarkeit
Spalte 3: Disjunktion
Spalte 4: Lerneffekt

vgl. Tab. 3.32, z.B. Aufgabe Nr. 12, 13, 19, 21, 32 ...

In Abbildung 3.33 sind alle Aufgaben aufgeführt, in denen ein Lernprozeß die Lösung erleichtert. Die Aufgaben 17, 31

erfordern nicht unbedingt die Beherrschung der Disjunktion zu ihrer Lösung. Die einfache Suche nach einem ähnlichen Bild führt ebenfalls zur Lösung. Die Aufgaben 12, 21, 32 sind stärker vom Lernfaktor beeinflußt, weil die Antwortauswahl die Lösung erleichtert. Die Aufgaben 19, 191, 192, 26, 27 sind mit der Identitätssuche zu lösen. Die Aufgaben A (Wörteraufgabe) und 51, 52 (Federwaage-Aufgaben) sind auch wegen ihrer großen Ähnlichkeit mit dem vorgegebenen Beispiel von diesem Lernfaktor beeinflußt. Sehr interessant ist hierbei, daß dieser Lerneffekt in allen drei Bereichen von Testaufgaben zu beobachten war, bei denen die Übertragung einer Lösung aus ähnlichen Gründen erleichtert wurde. Tabelle 3.34 zeigt die Strukturmatrix der Aufgaben, die sich als schwieriger erwiesen, als anhand des linearen logistischen Modells erwartet wurde. Die heuristische Vorgehensweise anhand des linearen logistischen Modells ergab eine bessere Annäherung der Parameterschätzwerte dieser Aufgaben. Mehrere Rechenversuche mit dem linearen logistischen Modell führten zu dieser à posteriori-Hypothese.

Tabelle 3.34: Strukturmatrix der Aufgaben, deren Lösung durch die Differenzierbarkeit der Antwortalternativen besonders erschwert wird. Deshalb ist in der 2. Spalte eine Zahl größer als 1 eingetragen.

Aufgabe Nr.	1	2	3	4
24	3	1	3	0
33	1	1	3	0
D	1	1	0	0
57	0	2	4	0
58	0	2	4	0

Spalte 1: Identitätsfeststellung
Spalte 2: Stimulusdifferenzierbarkeit
Spalte 3: Disjunktion
Spalte 4: Lerneffekt

Bei den Aufgaben 24, 33, D scheiterte der Versuch der Kinder, die Aufgaben durch Identitätsfeststellung zu lösen, weil die Bild- bzw. Wort-Relationen schwer zu differenzieren sind und die Kinder insbesondere bei den Bilderaufgaben die einzelnen

Teile nicht einzeln und getrennt einander zuordnen. Daher zeigen die Aufgaben 24, 33 größere Abweichungen. Insbesondere die relativ größere Abweichung der Parameterwerte von D (siehe Abb. 3.36) erklärt sich aus der Tatsache, daß die Wörter alle aus einem gemeinsamen Begriffsfeld stammen und darüber hinaus dem Erfahrungsbereich der Kinder fremd sind.

Die Federwaage-Aufgaben 57, 58 waren schwieriger als die Aufgabe 59, weil in Aufgabe 59 die Lösung der oberste Elefant war und die Gewichtkonstellation diese Lösung nahelegte. Das ist der Grund, weshalb in der 2. Spalte der Strukturmatrix bei Aufgaben 57, 58 eine höhere Zahl als 1 eingetragen ist. Damit ist der Schwierigkeitsunterschied zwischen den Aufgaben 59 und 57, 58 dargestellt. Bei den Federwaage-Aufgaben ist die Abhängigkeit der Schwierigkeit von den Stimulusunterschieden bemerkenswert. Die Gewichtskonstellationen stellen bei den Federwaage-Aufgaben im Grunde nur Wiederholungen dar. Erst der Unterschied zwischen der Bilderskala aus verschiedenen Gegenständen und der Wiederholung einer einzigen Figur erzeugt den hohen Schwierigkeitsgrad der Aufgaben.

Folgende frühere Untersuchungen unterstützen dieses Ergebnis teilweise: "Anscheinend ist für jüngere Kinder eine durch Unterweisung erlangte Einsicht in einen begrifflichen Zusammenhang nicht in der gleichen Weise zwingend wie für ältere Kinder, Jugendliche und Erwachsene. So lassen sich z.B. jüngere Kinder hinsichtlich des Gewichts auf einen 'prä-newtonschen' Standpunkt zurückführen, wenn man ihnen die Regression etwa durch einen Trick nahelegt. Den durch (mehr oder weniger kurzdauernde) Unterweisung erworbenen Begriffen geht der Notwendigkeitscharakter ab, der ihnen als wissenschaftlichen Begriffen zukommen muß. Das wurde von S m e d s l u n d (1961, III) eindrucksvoll nachgewiesen. Ihm gelang es, 5- bis 7jährigen ein Wissen um die Erhaltung des Gewichts auch bei Veränderung der Form beizubringen. Als er nun durch Manipulationen, die den Pbn verborgen blieben, das Gewicht bei Veränderung der Form ebenfalls

änderte, waren die 'unterrichteten' Kinder darüber kaum erstaunt und kehrten ohne weiteres zu ihrer vorherigen Auffassung der Nichterhaltung des Gewichts bei Formveränderung zurück. Allerdings geriet auch die Hälfte der vor der Durchführung des Versuchs schon 'operativ' denkenden Kinder in Verwirrung und unterließ es, sich weiterhin auf ihre vorher geäußerte Einsicht zu berufen, daß das Gewicht erhalten geblieben sein müsse, wenn - wie die Kinder in Unkenntnis des Tricks des Vl annehmen mußten - nichts weggenommen und nichts hinzugetan wurde. G o l d s c h m i d (in G r e e n et al., 1971, p. 105 f.) berichtete indessen, daß seine auf Invarianz trainierten Vpn, wenn der gleiche Trick angewandt wurde, signifikant öfter bei ihrer Auffassung blieben als die Kontrollgruppe. Aber immerhin scheint die Stabilität der erst kurz erworbenen kognitiven Strukturen nicht so groß zu sein, wie P i a g e t ursprünglich glaubte. In der Längsschnittuntersuchung von A l m y (1966, p. 108; dazu P i a g e t im Vorwort, p. III) ließ etwa die Hälfte der im Kindergarten und im 1. und 2. Schuljahr untersuchten Kinder wenigsten zu einem Zeitpunkt einen Rückfall auf ein niedrigeres Niveau des Erhaltungsbegriffs erkennen. Wegen dieser Instabilität sprach S m e d s l u n d (1961,III, p. 85) im Sinne P i a g e ts von einem 'Pseudobegriff' der Erhaltung, dem die funktionellen Eigenschaften eines 'normal' erworbenen Erhaltungsbegriffs fehlten. Auch W o h l w i l l und L o w e (1962, p. 166) erklärten ihre geringen Trainings- und Transfererfolge damit, daß sie 'eher die Bildung einer empirischen Regel als das Verständnis eines allgemeinen Prinzips' erreicht hätten. S c h m a l o h r und W i n k e l m a n n (1969, S. 100) kamen zu derselben Auffassung." (Breuning, 1973) Die Übereinstimmung der empirischen Ergebnisse mit dem Modell von R a s c h unterstützt die Annahme der graduellen Denkentwicklung. Gleichzeitig erkennt man, daß die Geltung des R a s c h-Modells das hierarchische Phasenkonzept von P i a g e t nicht eigentlich widerlegt: Wenn die Denkoperationen in der streng hierarchischen Reihenfolge der P i a g e t'schen Entwicklungstheorie erworben werden, aber jede Übergangsstufe durch eine starke Instabilität der erreichten Denkstruktur charakterisiert ist, dann läßt sich der Entwicklungsprozeß auf die quantitative Veränderung eines Intelligenzparameters abbilder

Tabelle 3.35 zeigt die Abweichung der nach dem R a s c h-Modell ermittelten Aufgabenschwierigkeitsparameter von den nach dem linearen logistischen Modell ermittelten Werten. Der Vergleich der Parameterschätzwerte, die nach dem Modell von R a s c h bzw. nach dem linearen logistischen Modell durch den C.L.R.-Test ermittelt wurden, zeigt eine Übereinstimmung in der Nähe des 5 %-Niveaus.

Tabelle 3.35: Ergebnis des statistischen Modelltests und der Parameterschätzwerte nach dem Modell von R a s c h bzw. dem linearen logistischen Modell

lnL_R : logarithmierte Likelihood nach dem Modell von R a s c h

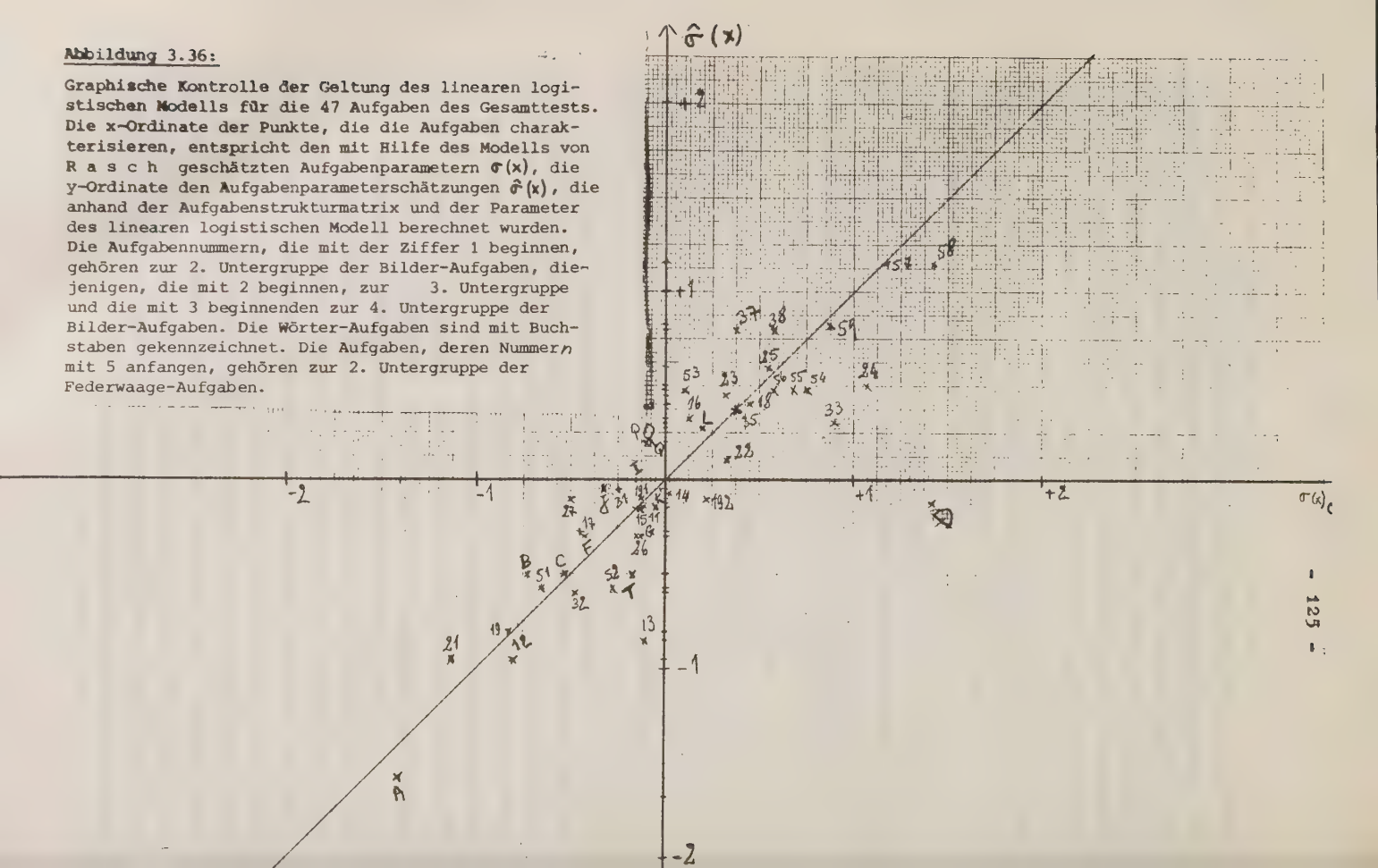
lnL_l : logarithmierte Likelihood nach dem linearen logistischen Modell

lnL_R	= -5126,66	df = 47-1-4 = 42
lnL_l	= -5181,18	χ^2_{95} = 57,8
$lnL_R - lnL_l$	= 54,46	Abweichung nicht signifikant

Dieses Ergebnis konnte durch die Eliminierung der Aufgabe D, die die größte Abweichung aufwies, erheblich verbessert werden. Die graphische Modellkontrolle in Abbildung 3.36 macht die Sonderstellung der Aufgabe D deutlich. Diese Übereinstimmung angesichts der Einfachheit des Modells ist erstaunlich. Es läßt uns mit großer Wahrscheinlichkeit theoretisch die Schwierigkeit der Aufgaben schätzen. Obwohl die Struktur mancher Aufgaben nicht ganz eindeutig ist, erzielt man größtenteils eine gute Annäherung. Bei den meisten Aufgaben wurden die in der Aufgabenstrukturhypothese aufgestellten Schwierigkeitsfaktoren in der Praxis bestätigt. Die Schwierigkeit der Aufgaben hängt von den den Operationen des Aussagenkalküls zuordenbaren Denkoperationen und der Abstraktheit ("Materialschwierigkeit") der Aufgabe ab. Die Lösung einiger Aufgaben wird dem Kind durch die Übertragung der Alltagserfahrung erleichtert. Die Lernkomponente trat immer auf, wo die Aufgaben sekundär mit Identitäts-Feststellungen zu lösen waren.

Abbildung 3.36:

Graphische Kontrolle der Geltung des linearen logistischen Modells für die 47 Aufgaben des Gesamttests. Die x-Ordinate der Punkte, die die Aufgaben charakterisieren, entspricht den mit Hilfe des Modells von R a s c h geschätzten Aufgabenparametern $\sigma(x)$, die y-Ordinate den Aufgabenparameterschätzungen $\hat{\sigma}(x)$, die anhand der Aufgabenstrukturmatrix und der Parameter des linearen logistischen Modell berechnet wurden. Die Aufgabennummern, die mit der Ziffer 1 beginnen, gehören zur 2. Untergruppe der Bilder-Aufgaben, diejenigen, die mit 2 beginnen, zur 3. Untergruppe und die mit 3 beginnenden zur 4. Untergruppe der Bilder-Aufgaben. Die Wörter-Aufgaben sind mit Buchstaben gekennzeichnet. Die Aufgaben, deren Nummern mit 5 anfangen, gehören zur 2. Untergruppe der Federwaage-Aufgaben.



Ein Lernprozeß bei den Aufgaben, in denen die Disjunktion zur Lösung erforderlich ist, ist selbst bei einer Wiederholung solcher Aufgaben während des Tests nicht im selben Maße festzustellen. Dadurch ist der größere Schwierigkeitsgrad der Disjunktions-Aufgaben erklärbar.

Die zugrundeliegenden Schwierigkeitsparameter haben folgende Werte:

Identität: $\alpha_1 = 0{,}079$ Lernfaktor $\beta = -0{,}538$
Stimulusdifferenzierbarkeit: $\alpha_2 = 0{,}340$
Disjunktion: $\alpha_3 = 0{,}272$

Der geringe Schwierigkeitsgrad der Identitätsfeststellung (α_1) war zu erwarten, da die Identität lediglich ein Spezialfall der Disjunktion ist und von allen Kindern beherrscht wurde. Die Stimulusdifferenzierbarkeit scheint der schwierigste Faktor zu sein (α_2). Die Anwendung der Disjunktion (α_3), welche die Fähigkeit zur Kombination mehrerer Teile erfordert, bereitet den Kindern weniger Schwierigkeiten. Die schwierigsten Aufgaben bestehen aus der Kombination der Faktoren α_2 und α_3. Die Korrelation zwischen den mit Hilfe des Modells von R a s c h geschätzten Parametern und den Parameterschätzwerten anhand der Aufgabenstrukturmatrix beträgt $\varrho = 0{,}840$.

3.3. Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse

Nach der Prüfung der Geltung des R a s c h-Modells für die 3 Testteile blieben insgesamt 47 Items aus den 3 Bereichen des Tests, die eine gute Übereinstimmung mit dem Modell zeigten. Die Items der 1. Untergruppe des Bildertests wurden wegen ihrer Leichtigkeit eliminiert. Die Identitätsfeststellung, die der Konstruktion dieser Items zugrundelag, erwies sich als eine für die Kinder leichte Operation. Wegen ihres zu geringen Schwierigkeitsgrades schied auch die 1. Untergruppe der Federwaage-Aufgaben aus dem Gesamttest aus. Hier genügte die Bildung von Reihen, um die Aufgaben zu lösen. Diese 2 Zwischenresultate zeigten, daß die Kinder die Denkoperationen, die die Kombination von Teilen erfordern, gut beherrschen. Dies entspricht auch der Behauptung von P i a g e t (1955), daß die Kinder die Gruppen-Operationen wie Reihenbildung, Zuordnung und Klassifikation erfolgreich anwenden können. Bei der Lösung der anderen Aufgaben fallen den Kindern die Aufgaben mit Identitätsfeststellung am leichtesten (synonyme Aufgaben), wie Abbildung 3.29 zeigt. Es gibt nach P i a g e t eine Entwicklungsfolge von der voroperativen Identität des Gegenstandes über ein Zwischenstadium zur operativen Identität, nur letztere stehe auf dem Niveau des logischen Invarianzbegriffs und könne sich mit ihm verbinden. Auf diese Weise könne auch der enge Zusammenhang hergestellt werden zwischen den oben genannten Aufgaben, die zur Lösung die operative Identität benötigen, und den Aufgaben in P i a g e t's Untersuchungen, die zur Lösung die Erhaltung des Volumens und des Gewichts testen und den logischen Invarianzbegriff fordern. Die Aufgaben M und R wurden wegen ihres häufigen Gebrauchs in der alltäglichen Sprache eliminiert. Die Schätzung der Aufgabenparameter mit Hilfe des linearen logistischen Modells zeigte, daß sowohl die Zahl der Denkoperationen (Identität, Disjunktion) als auch der Faktor der Stimulus-Differenzierbarkeit für die Schwierigkeit der Aufgaben entscheidend ist. Daher ist die Ausscheidung der Aufgaben 34, 36, N, S und 598, deren zu hoher Schwierigkeitsgrad auf der Zahl der zur Lösung benötigten Denkoperationen

bzw. auf deren Abstraktheit beruht, mit den Resultaten des linearen logistischen Modells vereinbar. Bei diesen Aufgaben ist die Zahl der zu kombinierenden Teile und die Abstraktheit viel höher. Die 47 verbliebenen Aufgaben enthalten entsprechend ihrer Konstruktion nur eine beschränkte Anzahl von Denkoperationen und weisen keinen sehr hohen Abstraktionsgrad auf. Die Schwierigkeit der mit dem Meßmodell von R a s c h verträglichen Aufgaben hat für die Altersgruppe von 6-8 Jahren bezüglich der Zahl der Denkoperationen eine untere und obere Grenze. Diese Begrenzung der Aufgabenschwierigkeit besteht nicht in der Qualität der Denkoperationen, sondern lediglich in deren Quantität.

Im Gegensatz zur Behauptung P i a g e ts ist der qualitative Unterschied zwischen formalem und konkretem Denken nicht auf die Beherrschung komplexer, aussagenlogischer Operationen, die ein verallgemeinertes Strukturnetz enthalten, zurückzuführen. Die Entwicklung im Denken des Kindes vollzieht sich - gemessen anhand dieser Operationen - nicht in qualitativen Änderungen. Sie verläuft einerseits mit einer Zunahme des Kombinationsvermögens (mehrere Teile zusammen) und der Dissoziierung der abstrakten Teile bei schwierigen Problemen im Gegensatz zur Dissoziierung konkreter Teile bei leichteren Problemen. Während der Entwicklung zunehmender Fähigkeit der Dissoziierung von abstrakten Teilen und deren Kombination erfolgt die Bildung allgemeiner Regeln oder Strukturen, die später bei der Problemlösung verwendet werden.

Diese Strukturen, die die Problemlösung gewährleisten und nach P i a g e t aus aussagenlogischen Operationen zusammengesetzt sind, stellen keineswegs eine sprunghafte Änderung in der Denkform des Kindes dar, obwohl sie äußerlich bei Anwendung der Problemlösungsverfahren so erscheinen mögen. Im Grunde sind auch diese komplexen aussagenlogischen Operationen eine graduell abstraktere Kombinationsform der einfacheren aussagenlogischen Operationen (Reihenbildung, Zuordnung, Klassifikation). Die gute Übereinstimmung der Testergebnisse mit dem R a s c h-Modell ist ein Beleg dafür, daß die Kinder bei der Lösung schwie-

riger Aufgaben dieselbe Verhaltensdisposition zum Einsatz bringen. Speziell bei den Federwaage-Aufgaben zeigt sich, daß die Stimulusdifferenzierbarkeit ein entscheidender Faktor ist. Da die Aufgaben in einer Wiederholung der Gewichtskonstellation bestehen, erhöht sich die Schwierigkeit der Aufgaben im Verhältnis der Differenzierbarkeit der Stimuli.

In diesem Zusammenhang interpretiert B e i l i n (1971) die erheblichen Zeitunterschiede beim Erwerb der verschiedenen Erhaltungsbegriffe durch die Idee der "genetischen Vorprogrammierung". Zwar spricht man schon seit B a l d w i n (1955) von "reizbedingter Reifung" (stimulus-induced maturation), aber die neueste Biologie hat dazu die "zeitbestimmenden Gene" und die "genetischen Schaltungsmechanismen" entdeckt, die wahrscheinlich durch verhältnismäßig unspezifische Reize in Funktion gesetzt werden, wenn die Reifung genügend weit fortgeschritten ist. B e i l i n (1971, p. 182) möchte die unterschiedliche Auswirkung des Trainings unterschiedlich alter Kinder für den Erwerb der Erhaltungsbegriffe darauf zurückführen, daß das Üben einen "unvorbereiteten" genetischen Schaltungsmechanismus nicht in Tätigkeit setzen könne. Auch F l a v e l l (1971) neigt der Hypothese der genetischen Vorprogrammierung der Hauptschritte der kognitiven Entwicklung zu, eine Auffassung, die einiges für sich hat.

Der Erfahrungsfaktor, der die Leichtigkeit mancher Aufgaben erklärt, zeigt sich vor allem bei den Identitäts-Aufgaben. Andererseits führt die Wiederholung von Disjunktionsaufgaben zu keinem beobachtbaren Lerneffekt. Zum Beispiel ist bei den Federwaage-Aufgaben kein großer Lerneffekt vorhanden, obwohl die Gewichtskonstellationen der Aufgaben häufig nur Wiederholungen darstellen.

4. Zusammenfassung

Die Denkentwicklung des Kindes weist nach der Theorie von P i a g e t ein voroperatorisches, ein konkret-operatorisches und ein formallogisches Stadium auf. P i a g e t behauptet, daß jede Stufe der Denkentwicklung durch qualitative Änderungen der Denkstrukturen gekennzeichnet ist. Diese qualitativen Änderungen vom konkret-operatorischen zum formallogischen Stadium sind nach P i a g e t aufgrund der Beherrschung aussagenlogischer Operationen feststellbar. Infolgedessen stellt die Beherrschung der aussagenlogischen Operationen mit zunehmender Komplexität keine Kontinuität in der Denkentwicklung dar. Sie ist eine sprunghafte qualitative Änderung.

In dieser Arbeit wurde anhand eines Tests der Übergangsverlauf der Denkentwicklung vom konkret-operatorischen zum formallogischen Stadium bei Kindern von 6 bis 8 Jahren analysiert. H. S p a d a wies in seiner Arbeit (Modelle des Denkens und Lernens, 1976) über Waagebalken-Aufgaben auf eine graduell quantitative Änderung der Aufgabenlösungsfähigkeit bei Schülern über 10 Jahren hin. In der vorliegenden Arbeit wurde eine Erweiterung und eine Verallgemeinerung dieses Resultats versucht. Zu diesem Zweck wurde ein Test mit Aufgaben aus 3 verschiedenen Bereichen, dem visuellen, akustischen und Handlungsbereich konstruiert. Da allgemeingültige, vom speziellen Versuchsmaterial möglichst unabhängige Denkentwicklungen untersucht werden sollten, schien die von S c h e i b l e c h n e r (1972) entwickelte Methodik am geeignetsten. S c h e i b l e c h n e r untersuchte die dem Aussagenkalkül zugrundeliegenden Denkoperationen. Ein zusätzlicher Faktor bei der Erstellung der Aufgaben war die Stimulusdifferenzierbarkeit des Aufgabenmaterials. Die Daten von 200 Kindern zwischen 6-8 Jahren wurden mittels des "stichprobenunabhängigen" dichotomen R a s c h -Modells analysiert. Die Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung von 47 Items mit dem Modell von R a s c h.

Aus dieser Übereinstimmung konnten wir schließen, daß die Aufgaben der 3 Bereiche (visuell, akustisch, Handlung) homogen waren und gemeinsame Denkstrukturen ansprechen. Aus der Geltung des R a s c h -Modells ließ sich folgern, daß sich die Aufgaben nur graduell voneinander unterscheiden. Mit Hilfe des linearen logistischen Modells konnten die Aufgabenschwierigkeiten in sehr guter Näherung reproduziert werden. Daraus ergab sich, daß die Schwierigkeit der Aufgaben von der Kombination der Operationen des Aussagenkalküls (Identität und Disjunktion) und der Stimulusdifferenzierbarkeit des Materials abhängig ist (vgl. "Genetische Schaltungsmechanismen", B e i l i n, 1971). Die Lösung einiger Aufgaben wurde durch einen Lerneffekt erleichtert. Deshalb wurde als vierter Faktor ein Lernfaktor in das lineare logistische Modell eingeführt. Der Lerneffekt trat ausschließlich bei den Aufgaben auf, deren Lösung die Identitäts-Feststellung erforderte. Dieses Resultat wurde erwartet, da sich schon bei der Analyse der Testteile die Identitäts-Feststellung und Reihenbildung als sehr leicht erwiesen (1. Untergruppe Bilder- und Federwaage-Aufgaben). Dieses Ergebnis ist mit der Theorie von P i a g e t verträglich, der die Beherrschung der Operationen "Zuordnen", "Reihenbildung" und "Klassifikation" in der konkret-operatorischen Phase behauptet.

Die lineare Abhängigkeit der Aufgabenschwierigkeiten von der Stimulusdifferenzierbarkeit und den Operationen des Aussagekalküls zeigte, daß die zugrundeliegenden Gemeinsamkeiten der Aufgaben aus den 3 Bereichen auf diese 3 Faktoren zurückzuführen waren. Darüber hinaus steht dieses Ergebnis in einem klaren Widerspruch zur Forderung qualitativ unterschiedener Denkstrukturen bei Aufgaben steigenden Schwierigkeitsgrades. Die Aufgaben, die ursprünglich wegen ihres hohen Schwierigkeitsgrades ausgeschieden werden mußten, wiesen eine zu große Zahl zu kombinierender Operationen mit zu hohen Anforderungen hinsichtlich der Stimulusdifferenzierbarkeit auf. Die Stimulusdifferenzierbarkeit wurde auch in der Arbeit von B e i l i n als wichtig nachgewiesen (z.B. Aufgabe 34, 36, N, S, 598).

Die Untersuchung der Denkentwicklung des Kindes ergab also keinerlei Hinweise auf grundlegende strukturelle Änderungen der Intelligenzstruktur. Die These von P i a g e t , die eine grundlegende Strukturänderung behauptet, wurde nicht bestätigt. Ein Beleg aus dieser Untersuchung ist die Tatsache, daß die Federwaage-Aufgaben auch ohne die Beherrschung des Hebelgesetzes gelöst werden können (Zerlegung in kleinere Operationsschritte). P i a g e t hatte bei dieser Problemlösung eine solche Zerlegung nicht berücksichtigt und schließt deshalb daraus, daß die Problemlösung die Beherrschung anderer Operationen erfordert (INRC-Gruppen-Operationen beim Hebelgesetz).

Die Lösung der Wörter-Aufgaben durch die Kinder zeigt, daß sie bereits logische Verknüpfungen ausführen können. P i a g e t behauptet in seiner Arbeit, daß die logische Verknüpfungsfähigkeit in diesem Alter noch nicht vorhanden ist, sondern sich erst später durch die Verwendung der grammatikalischen Konjunktionen entwickelt. Die vorliegende Untersuchung dagegen zeigt, daß die Nicht-Verwendung der grammatikalischen Konjunktionen nicht daran liegt, daß die Kinder logische Verknüpfungen nicht ausführen können; die seltene Verwendung grammatikalischer Konjunktionen liegt wahrscheinlich nur am graduell zu hohen Schwierigkeitsgrad der ihnen entsprechenden logischen Verknüpfungsoperationen.

Noch immer ist umstritten, ob das Ergebnis von Lernexperimenten mit P i a g e t -Aufgaben gleichgesetzt werden kann mit dem, was P i a g e t eine logische Struktur nennt. P i n a r d und L a u r e n d e a u (1969, p. 153-163) erklären zur Frage des Trainings logischer Strukturen, daß bislang empirisch noch nicht entschieden werden konnte, ob die logischen Strukturen P i a g e t s durch Trainingsexperimente wirklich erlernt werden können. Die Autoren erinnern daran, daß auch P i a g e t (in G r é c o et P i a g e t , 1959) die Wirksamkeit gewisser Trainingsmethoden zugegeben habe, aber darauf hinwies, daß

"akzeleriertes" Lernen immer sehr eingeschränkt sei und die Allgemeinheit der logischen Operation, die man lehren wollte, nicht erreiche. Diese Arbeit gibt Hinweise über den optimalen Schwierigkeitsgrad bei der Unterweisung und Aufschluß darüber, inwieweit ein "akzeleriertes" Lernen sinnvoll ist.

Die vorliegende Untersuchung gibt Hinweise für die Unterteilung eines komplexen Stoffgebiets in einzelne Elementaroperationen. Die Vermittlung eines Unterrichtsgegenstandes könnte in der Praxis anhand der vorliegenden Ergebnisse so geplant werden, daß der Schwierigkeitsgrad aufeinanderfolgender Stoffgebiete in sinnvoller und der Entwicklung des logischen Denkvermögens entsprechender Weise gewählt wird. Da die vorliegenden Ergebnisse aus 3 verschiedenen Erfahrungsbereichen gewonnen wurden (dem visuellen, dem verbalen und dem Handlungsbereich) können die gefundenen Elementaroperationen einen hohen Grad der Allgemeingültigkeit beanspruchen, was ihre Anwendung in verschiedenen schulischen Lernbereichen ermöglicht.

In dieser Untersuchung sind mit Hilfe des Aussagenkalküls Aufgaben mit graduell variierenden Schwierigkeiten aus 3 verschiedenen Erfahrungsbereichen erstellt worden. Daher kann man Erkenntnisse für den Unterricht in der Mengenlehre, welche eine vereinfachte Form des Aussagenkalküls ist, gewinnen. In den Schulen könnte man danach den Schwierigkeitsgrad des Unterrichtsstoffes entsprechend der Reife der Schüler gestalten. Diese Untersuchung gibt aufschlußreiche Hinweise zur Entwicklung der Mengenbegriffe und der hierfür notwendigen Operationen. In der bisherigen Unterrichtspraxis war immer der Aufbau des Schwierigkeitsgrades (Abstraktheit der Elemente und Komplexität der Operationen) ein Hindernis zur erfolgreichen Assimilierung des Lernstoffes von Schülern. Die Anwendbarkeit des Aussagenkalküls in 3 Aufgabenbereichen kann auch dazu führen, daß bei der Lehrstoffgestaltung in den Schulen der Unterricht in Mengenlehre nicht nur im Rahmen des Mathematikunterrichts Bedeutung

hat, sondern auch im Sprachunterricht oder in den Fächern Physik, Biologie usw. praxisnähere Anwendung finden kann. Der Aufbau und die Gestaltung des Unterrichtsstoffes mit Hilfe dieser einheitlichen logischen Form wäre für einen optimalen Lernprozeß und für die Vermittlung ökonomischer Denkstrukturen angebracht.

Literaturverzeichnis

Aebli, H. Über die geistige Entwicklung des Kindes. Stuttgart, 1963

- Natur und Kultur in der Entwicklung des Menschen. Konstanz, 1967

Aebli, H., Montada, L., Schneider, U. Über den Egozentrisnus des Kindes. Stuttgart, 1966

Almy, M., et al. Young children's thinking. New York, 1966

Anderson, R.C. Can first graders learn an advanced problem-solving skill? J. educ. Psychol., 1965, 56, 283-294

Baldwin, A.L. Behavior and development. New York, 1955

Beilin, H. Learning and operational covergence in logical thought development. J. exp. Child Psychol., 1965, 2, 317-339. In: Sigel and Hooper (1968), 360-382

- Stimulus and cognitive transformation. 1969. In: Elkind and Flavell (1969), 409-437

- Developmental stages and developmental processes. 1971. In: Green et al. (1971 172-189

-, Franklin, I.C. Logical operations in length and area measurement: age and training effects. Child Developm., 1962, 33, 607-618

Bever, T.G., Mehler, J., Epstein, J. What children do in spite of what they know. Science, 1968, 162, 921-924

Braine, M.D.S. The ontogeny of certain logical operations: Piaget's formulation examined by nonverbal methods. Psychol. Monogr., 1959, 73, No. 5. In Sigel and Hooper (1968), 164-206

- Piaget on reasoning: a methodological critique and alternative proposals. 1962. In: Kessen and Kuhlman (1962), 41-61

B r a i n e, M.D.S. Development of a grasp of transitivity of length: a reply to Smedslund. Child Develp., 1964, 35, 799-810

-, S h a n k s, B.L. The conservation of a shape property and a proposal about the origin of conservations. Canadian. J. of Psychol., 1965, 19, 197-207

B r u n e r, J.S. Inhelder and Piaget's "The growth of logical thinking": I. A psychologist's viewpoint. Brit. J. Psychol., 1959, 50, 363-370

- The process of education. Cambridge, Mass., 1960

- Towards a theory of instruction, Cambridge, Mass., 1966

B ü h l e r, Ch. Kindheit und Jugend. Genese des Bewußtseins. Leipzig, Darmstadt, 1967

B ü h l e r, K. Die geistige Entwicklung des Kindes. Jena, 1930

C o r r e l l, W. Lernpsychologie. Donauwörth, 1964

D o d w e l l, P.C. Children's understanding of number and related concepts. Canadian J. of Psychol., 1960, 14, 191-205

- Children's understanding of number concepts: characteristics of an individual and a group test. Ebd. 15, 29-36

E l k i n d, D. Children's discovery of the conservation of mass, weight, and volume. Piaget replication study II. J. genet. Psychol., 1961a, 98, 219-227. In: Sigel and Hooper (1968), 11-19

- Quantity conceptions in junior and senior high-school students. Child Develop., 1961b, 32, 551-560

E l k i n d, D., and Flavell, J.H. eds. Studies in cognitive development. Essays in honour of Jean Piaget. New York, 1969

F e i g e n b a u m, K.D. Task complexity and IQ as variables in Piaget's problem of conservation. Child Develpm., 1963, 34, 423-432

F i s c h e r, G.H. Einführung in die Theorie psychologischer Tests. Bern: Huber, 1974a

F i s c h e r, G.H., S c h e i b l e c h n e r, H. Algorithmen und Programme für das probabilistische Testmodell von R a s c h. Psychol. Inst. Univ. Wien, 1972

- Two simple methods for assumptotically unbiased estimation in R a s c hs measurement model with two categories of answers. Research Bull., No. 1, Psychol. Inst. Univ. Wien, 1970

F l a v e l l, J.H. The developmental psychology of Hean Piaget. Princeton, N.J., 1963

- Comments on Beilin's paper. 1971. In: G r e e n et al. (1971), 189-191

-, W o h l wi l l, J.F. Formal and functional aspects of cognitive development. 1969. In: E l k i n d and F l a v e l l (1969), 67-120

F o w l e r, W. Cognitive learning in infancy and early childhood. Psychol. Bull., 1962, 59, no. 2, 116-152

F r a n d s e n, A.N. Educational psychology. New York, 1961

F r o s t, J.L., ed. Early childhood education rediscovered. Readings. New York, 1968

G a g n é, R.M. The conditions of learning. New York, 1965. Deutsch: Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Hannover, 1969

G a t e s, A.I., and T a y l o r, G.A. The nature of improvement resultin from practice. 1925. In: D e n n i s, W ed., 1963, 400-406

G e l m a n, R. Conservation acquisition: a problem of learning to attend to relevant attributes. J. exp. Child Psychol., 1969, 7, 167-187

G o l d s c h m i d, M,L. Different types of conservation and nonconservation and their relation to age, sex, IQ, MA, and vocabulary. Child Develpt., 1967, 38, 1229-1246

- The role of experience in the rate and sequence of cognitive development. 1971. In: G r e e n et al. (1971), 103-110

Gréco, P., et Piaget, J.
Apprentissage et connaissance (= Etudes d'épistémologie génétique, VII). Paris, 1959

Green et al., eds. Measurement and Piaget. New York, 1969

Gruen, G.E. Experiences affecting the development of number conservation in children. Child Develpm., 1965, 36, 963-979. In: Sigel and Hooper (1968), 339-355

Hess, R.D., and Meyer Bear, R., eds.
Early education. Current theory, research, and action. Chicago, 1968

Hilgard, E.R. Introduction to psychology. New York, 1962

Honstead, C. The developmental theory of Jean Piaget. 1968. In: Frost (1968), 132-145

Hood, B.H. An experimental study of Piaget's theory of the development of number in children. Brit. J. Psychol., 1962, 53, 273-286

Hopper, F.H. Piagetian research and education. 1968. In: Sigel and Hooper (1968), 423-434

Hunt, J. McV. Intelligence and experience. New York, 1961

Ingenkamp, K. Psychologische Tests für die Hand des Lehrers. Weinheim, 1963

Inhelder, B. Some aspects of Piaget's approach to cognition. In: Kessen and Kuhlman (1962), 19-34

- Developmental theory and diagnostic procedures. In: Green et al. (1971), 148-168

- et Piaget, J. De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Essai sur la construction des structures opératoires formelles. Paris, 1955

- et Noelting, G. Le passage d'un stade au suivant dans le développement des fonctions cognitives. Acta Psychologica, 1959, XV, 435-438

- and Sinclair, H. Learning cognitive structures. 1969. In: M u s s e n, P., L a n g e r, L., and C o v i n g t o n, M., eds., 2-21, New York

- et S i n c l a i r - D e Z w a r t
A propos des stades du développement: Notes sur le probème de transitions. Schweiz. Z. f. Psychol., 1970, 29, 211-217

I s a a c s, N. Piaget's work and progressive education. 1955. In: National Froebel Foundation: Some aspects of Piaget's work. London

J e r s i l d, A.T. The effects of early musical training. 1932. In: Dennis, W., ed. (1963): Reasings in child psychology, 369-378

K a m i i, C.K., and R a d i n, N.L.
A framework for a preschool curriculum based on some Piagetian concepts. (Ypsilanti, Mich.: Michigan Public Schools) J. of creative Behavior

- and D e r m a n, L. The Engelmann approach to teaching logical thinking: Findings from the administration of some Piagetian taks. 1971. In: Green et al. (1971), 127-146

K a t z, D., Hg. Handbuch der Psychologie. Basel, 1951

K e m m l e r, L., H e c k h a u s e n, H.
Ist die sog. "Schulreife" ein Reifungsproblem? 1962. In: I n g e n k a m p, K. (Hg.): Praktische Erfahrungen mit Schulreifetests. Basel, 52-89. Gekürzt in: W e i n e r t, F., Hg. (1967): Pädagogische Psychologie. Köln, 487-513

K e r n, A., und E. Lesen und Lesenlernen. Eine psychologisch-didaktische Darstellung. Freiburg i.Br., 1952

- Sitzenbleiberelend und Schulreife. Ein psychologisch-pädagogischer Beitrag zu einer inneren Reform der Grundschule. Freiburg i.Br., 1966

- Aufgaben zur Feststellung des kindlichen Entwicklungsstandes bei 7- bis 10-jährigen. Koblenz, 1961

K e s s e n, W. "Stage" and "structure" in the study of children. 1962. In: Kes s e n and K u h l m a n (eds.), 65-82

K e s s e n, W., and K u h l m a n, C., eds.
Thought in the young child: Report of a conference on intellective development with particular attention to the work of Jean Piaget. Monogr. Society Res. Child Develpm., 1962, 27 (2). Washington, D.C.

K i n g s l e y, R.C., and H a l l, V.C.
Training conservation through the use of learning sets. Child Developm., 1967, 38, 1111-1126

K l a u e r, K.J. Über den Effekt eines Schulreifetrainings für die Behandlung der Intelligenzschwäche. Z. exp. angew. Psychol., 1964, 11, 443-454

K o h l b e r g, L. Cognitive stages and preschool education. Human Develpm., 1966, 9, 5-17. In Frost: 1968, 212-224

- Early education: a cognitive-developmental view. Child Developm., 1968a, 39, 1013-1062

- Montessori with the culturally disadvantaged: a cognitive-developmental interpretation and some research findings. 1968b. In: H e s s and M e y e r B e a r, 105-118

K o h n s t a m m, G.A. An evaluation of part of Piaget's theory. Acta Psychologica, 1963, 21, 313-356. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 394-423

K r a t z m e i e r, H. Erfahrungen mit dem Kern'schen Reifetest für das 2. bis 4. Schuljahr. Schule und Psychologie, 1962, 9, 107-114

K r o h, O. Die Phasen der Jugendentwicklung. Teil I (Neudruck). Die Entwicklung des Kindes im Grundschulalter. Teil II (Neudruck). Weinheim, 1958 und 1964

L a C r o s s e, R.E. et al.
The first six years of life: a report on current research and educational practice. Gen. Psychol. Mongr., 1970, 82, 161-266

L a u r e n d e a u, M., et P i n a r d, A.
La pensée causale. Etude génétique et expérimentale. Paris, 1962

L o v e l l, K. Some problems associated with formal thought and its assessment. 1971. In: G r e e n et al. (1971), 81-93

- and O g i l v i e, E. A study of the conservation of substance in the junior school child. Brit. J. educ. Psychol., 1960, 30, 109-118. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 19-30

- and O g i l v i e,,E. A study of the conservation of weight in the junior school child. Ebd. 1961, 31, 138-144

L u n z e r, E.A. Some points of Piagetian theory in the light of experimental criticism. Child Psychol. Psychiatr., 1960, 1, 191-202

M e h l e r, J., and B e v e r, T.G. Cognivitve capacity of very young children. Science, 1967, 158, 141-142. Reply, ebd. 1968, 162, 979-981

M o n t a d a, L. Der Faktor der Mobilität in Piaget's Theorie der kognitiven Entwicklung. 1967. In: M e r z, F. (Hg.): Ber. 25. Kongr. f. Psychol., 390-395, Göttingen

- Die Lernpsychologie Jean Piagets. Stuttgart, 1970

O s t e r r i e t h, P. et al. Le problème des stades en psychologie de l'enfant. Paris, 1956

O j e m a n n, R.H., and P r i t c h e t t, K. Piaget and the role of guided experiences in human development. Perceptual and Motor Skills, 1963, 17, 927-940

P i a g e t, J. La représentation du monde chez l'enfant. Paris, 1926

- La psychologie de l'intelligence. Paris, 1947. Dtsch., 2. Aufl., 1966

- Les stades du développement intellectuel de l'enfant et de l'adolescent. 1956 In: Osterrieth et al. (1956), 33-42

-, éd. Logique et connaisance scientifique. Paris, 1967

- The theory of stages in cognitive development. In: Green et al. (1971), 1-11

- et Inhelder, B. Le développement des quantités (physiques) chez l'enfant. Conservation et atomisme. Stuttgart, 1969

- et Szeminska, A. La genèse du nombre chez l'enfant. Stuttgart, 1965

- et Inhelder, B. La représentation de l'espace chez l'enfant. Paris.1948

Pinard, A., and Laurendeau, M. A scale of mental development based on the theory of Piaget. J. of Res. in Science Teaching, 1964, 2, 253-260

- "Stage" in Piaget's cognitive-developmental theory: Exegesis of a concept. In: Elkind and Flavell (1969), 121-170

Roth, H. Psychologie und Pädagogik und das Problem einer Pädagogischen Psychologie. In: Derbolav, J., und Roth, H. (Hg.): Psychologie und Pädagogik (= Veröffentlichungen der Hochschule für Internationale Pädagogische Forschung 2), S. 77-138. Heidelberg, 1959

- Pädagogische Anthropologie. Bd. I: Bildsamkeit und Bestimmung. Hannover, 1966

Rowland, Th., McGuire, C. Development of intelligent behavior I: Jean Piaget. Psychology in the Schools, 1968, 5, No. 1. In: Frost (1968), 145-153

Samstag, K. Informationen zum Lernen im Vorschulalter. Bad Heilbrunn/Obb., 1971

Sander, F. Experimentelle Ergebnisse der Gestaltpsychologie. In: Ber. 10. Kongr. Ges. exp. Psychol., 1927. Abgedruckt in: Sander, F., und Volkelt, H. (1962): Ganzheitspsychologie. München

Scheiblechner, H. Das Lernen und Lösen komplexer Denkaufgaben. Z. f. exp. u. angew. Psychol., 1972, 19, 476-505

- Kritik der Anwendung des linearen logistischen Modells in der Psychologie. Göttingen: Hogrefe, 1975

Schmalohr, E., und Winkelmann, W. Über den Einfluß der Übung auf die Entwicklung der Mengen- und Substanzerhaltung bei Kindern. Z. Entw.-Psychol. Päd. Psychol., 1969, 2, 93-102

Schüttler-Janikulla, K., und Krohne, H. Transferprobleme und Schulreifetraning. Z. exp. angew. Psychol., 1966, 13, 632-644

Seiler, Th.B. Die Reversibilität in der Entwicklung des Denkens. Ein Beitrag zur Deutung der Theorie Piagets. Stuttgart, 1968

Selinka, R. Der Übergang von der ganzheitlichen zur analytischen Auffassung im Kindesalter. Z. Päd. Psychol., 1939/1940, 40, 256-278; 41, 31-36

Sigel, I.E. Reflections. In: Sigel and Hooper (1968), 504-528

- The Piagetian system and the world of education. In: Elkind and Flavell (1969), 465-489

-, Roeper, A., Hooper, F.H. A training procedure for acquisition of Piaget's conservation of quantity: a pilot study and its replication. Brit. J. educ. Psychol., 1966, 36, 301-311. In: Sigel and Hooper (1968), 295-308

- and Hooper, F.H., eds. Logical thinking in children: Research based on Piaget's theory. New York, 1968

Skowronek, H. Psychologische Grundlagen einer Didaktik der Denkerziehung. Kognitive Prozesse und kognitive Strukturen. Hannover, 1968

S m e d s l u n d, J. The acquisition of conservation of substance and weight in children. III: Extinction of conservation of weight "normally" and by means of empirical controls on a balance scale. Scand. J. Psychol., 1961, 2, 85-87. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 277-280

- V. Practice in conflict situations without external reinforcement. Ebd., 1961, 156-160. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 281-285

- VI. Practice on continuous versus discontinuous material im problem-situations without external reinforcement. Ebd., 1961, 203-210. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 286-295

- Development of concrete transitivity of length in children. Child Develpm., 1963, 34, 389-405

- The development of transitivity of length: a comment on Braine's reply. Child Develpm., 1965, 36, 577-580

S m i t h, J.D. The effects of training procedures upon the acquisition of conservation of weight. Child Develpm., 1968, 39, 515-526

S on q u i s t, H.D., and K a m i i, C.K. Applying some Piagetian concepts in the class-room for the disadvantaged. Young Children, 1967, 22, 4. In: F r o s t (1968), 169-180

S p a d a, H. Denk- und Lernmodelle der R a s c h-Meßtheorie unter psychologischen, formalen und didaktischen Aspekten. IPN Arbeitsbericht No. 5, Kiel: IPN, 1973a

- Modelle des Denkens und Lernens. Huber: Bern,1976

S t e n d l e r L a v a t e l l i, C. A Piaget-derived model for compensatory preschool education. 1966. In: F r o s t (1968), 530-544

S u l l i v a n, E. Piaget and the school curriculum: a critical appraisal. (=The Ontario Institute for Studies in Education, Bulletin no. 2). Toronto, 1967

T a n n e r, J.M., and I n h e l d e r, B. Discussions on child development. London, 1956: Vol., 1+2, 1958: Vol. 3, 1960: Vol. 4

Tu d d e n h a m, R.D. Theoretical regularities and individual idiosyncrasies. 1971. In: G r e e n et al. (1971), 64-75

U z g i r i s, I.C. Situational generality of conservation. Child Develpm., 1964, 35, 831-841

V i n h - B a n g Elaboration d'une échelle de développement du raisonnement. Acta Psychologica, 1959a, 15, 333 f.

- Evolution des conduites et apprentissage. In: Etudes d'Epistemologie génétique, 1959b, IX, 3-13

W a l l a c h, L , W a l l, A.J., A n d e r s o n, L. Number conservation: the roles of reversibility, addition-subtraction, and and misleading perceptual cues. Child Develpm., 1967, 38, 425-442. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 308-324

W o h l w i l l, J.F. Piaget's system as a source of empirical research. The Merrill-Palmer Quarterly, 1963, 4, 253-262. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 438-447

- and L o w e, R.C. Experimental analysis of the development of the conservation of number. Child Develpm., 1962, 33, 153-167. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 324-339

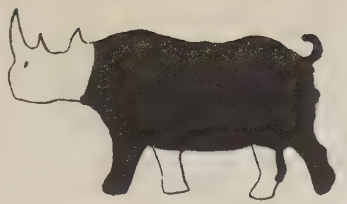
W i t k i n, J.A. et al. Psychological differentiation. Studies of development. New York, 1962

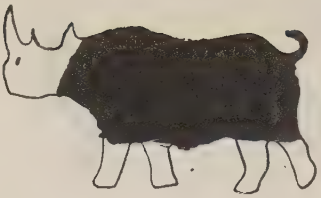
Z i m i l e s, H. A note on Piaget's concept of conservation. Child Develpm., 1963, 34, 691-695. In: S i g e l and H o o p e r (1968), 355-360

Anhang

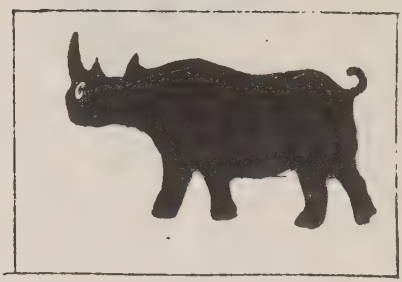
00

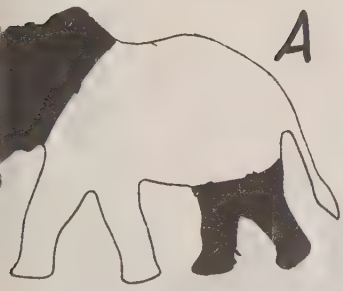
01

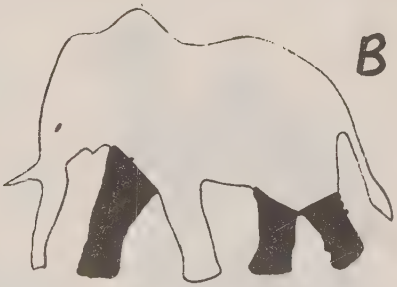




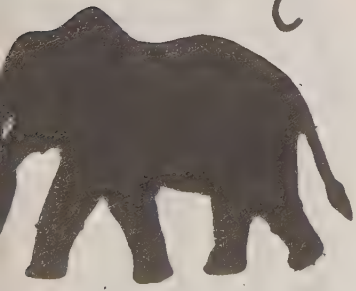
00

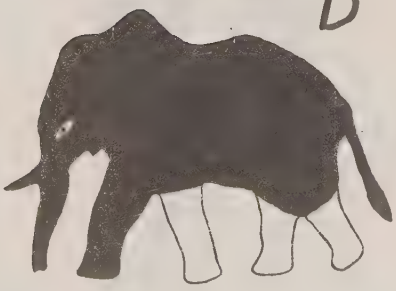






C 01



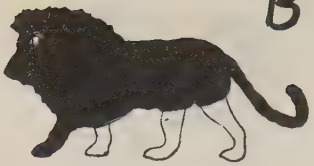


02

03

A

B

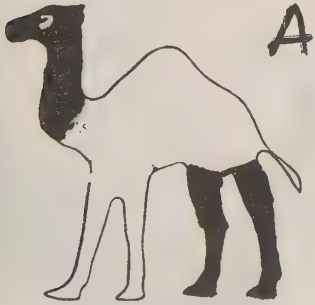


02

C

D

A



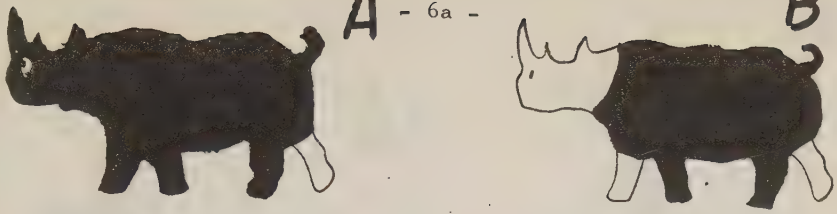
B

C 03

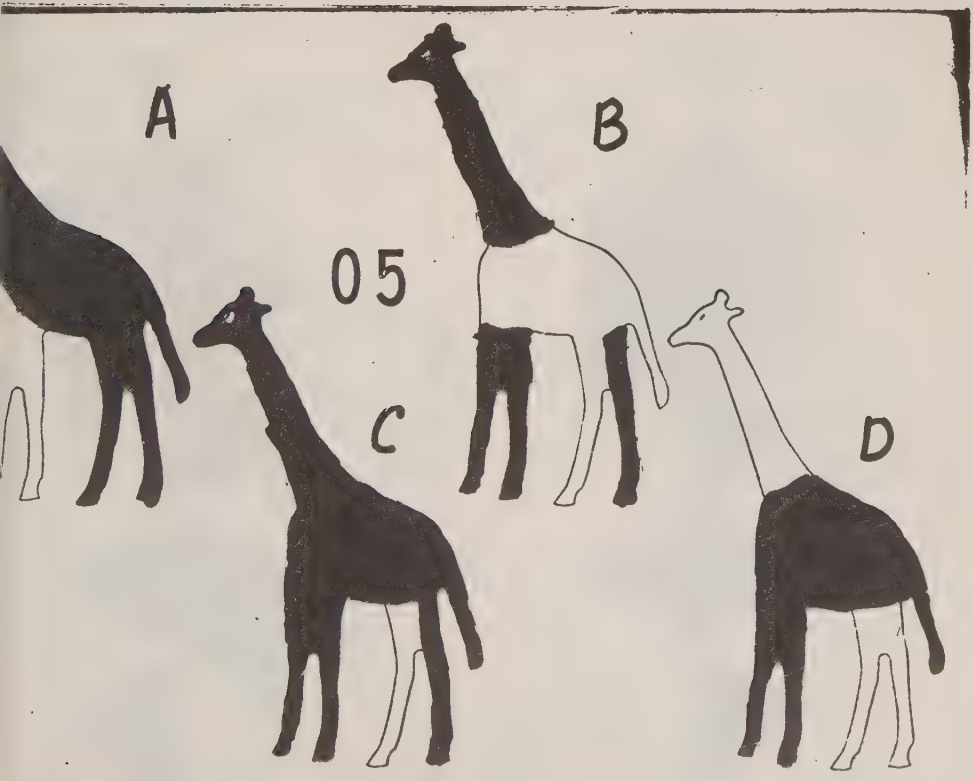
D

04

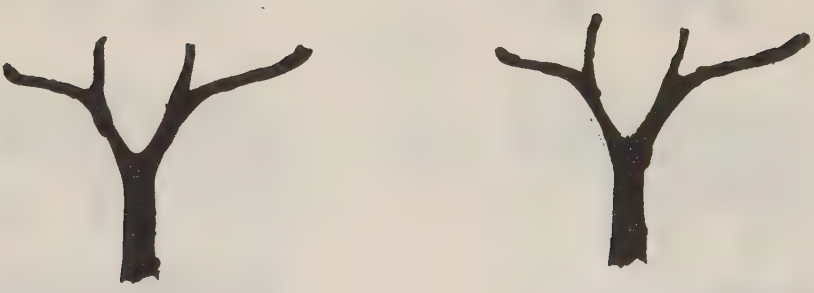
05



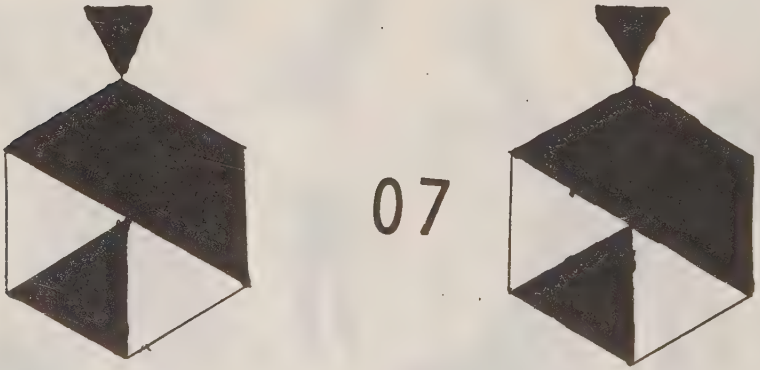
04

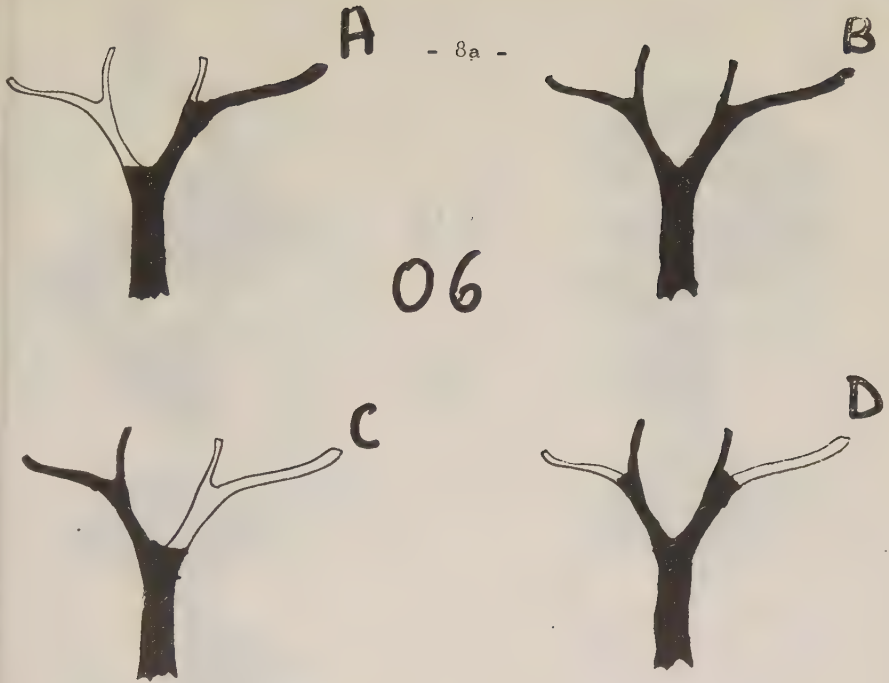


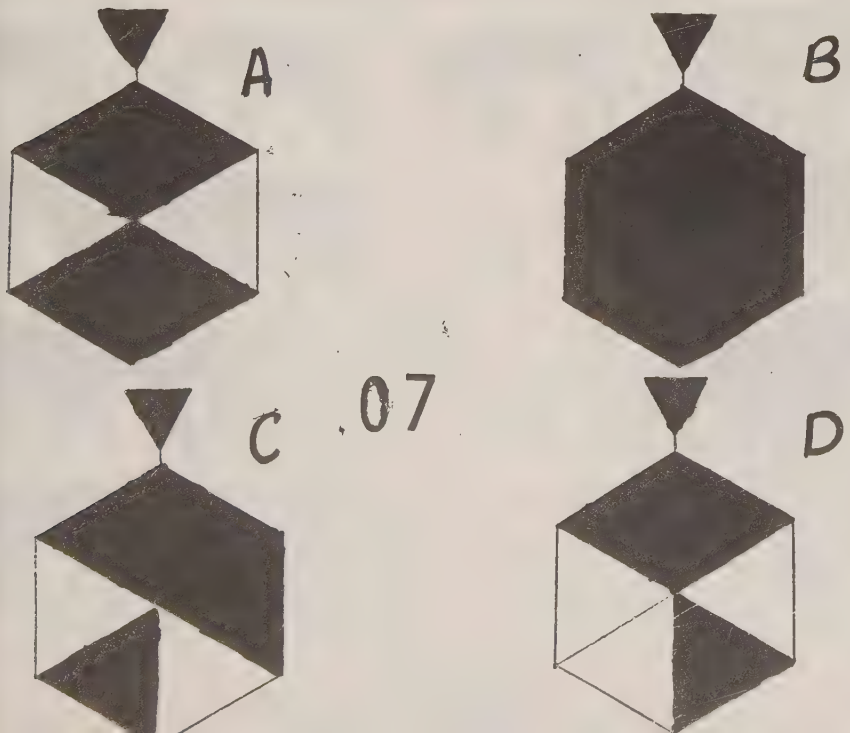
06

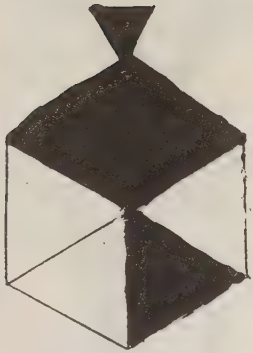


07

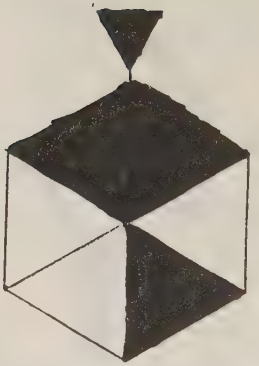



A
B
06
C
D

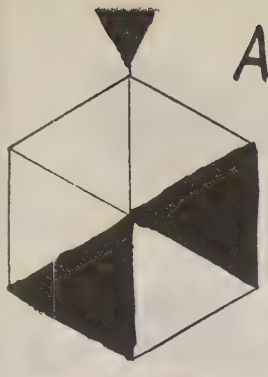

A
B
07
C
D

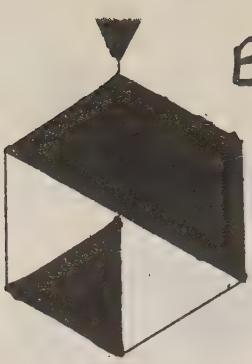


08

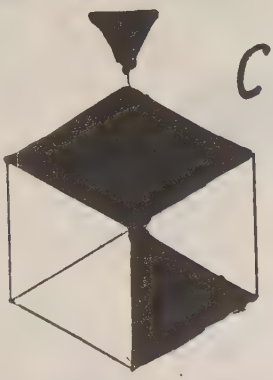


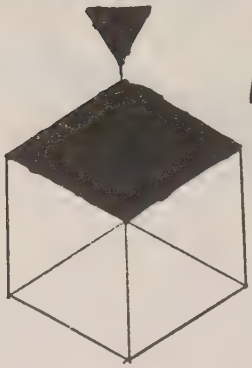
09

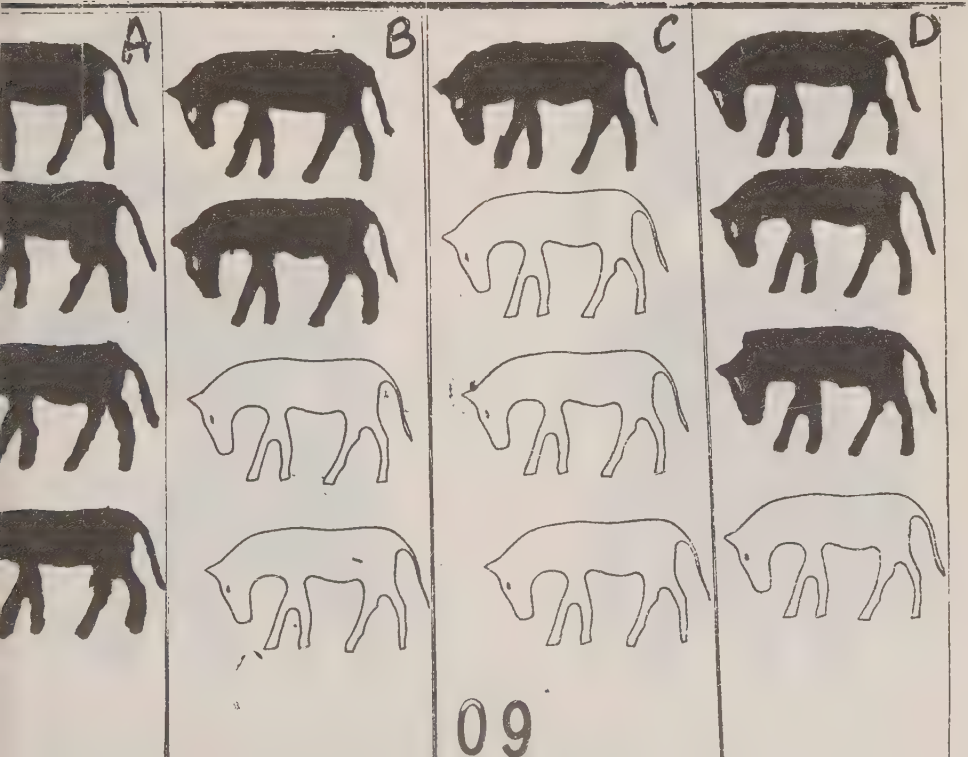




08

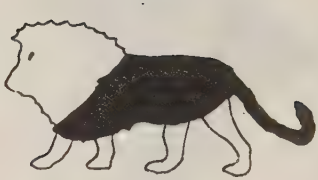


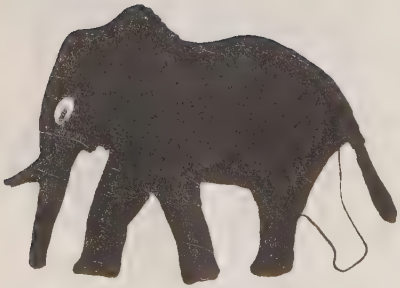




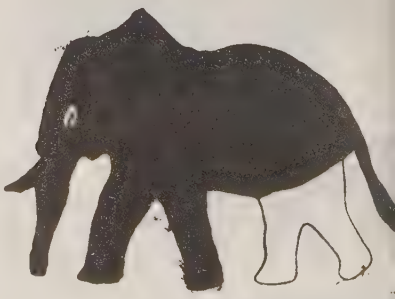
09

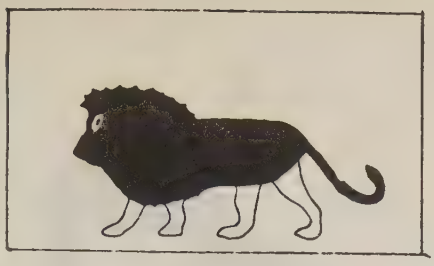
10

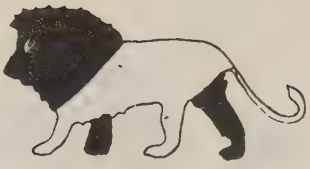




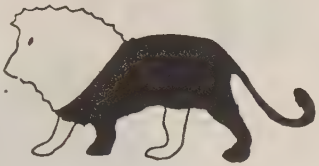
11

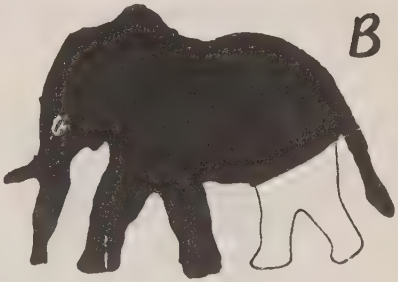


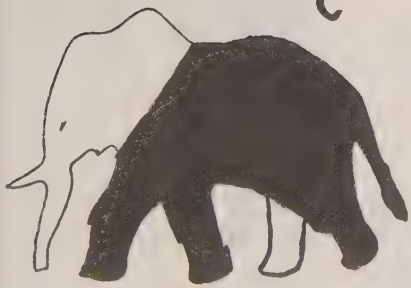




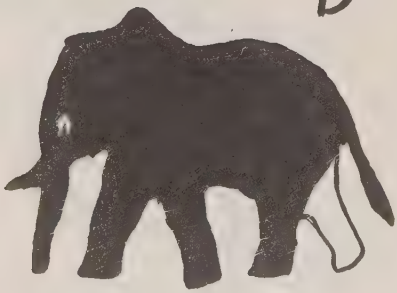
10





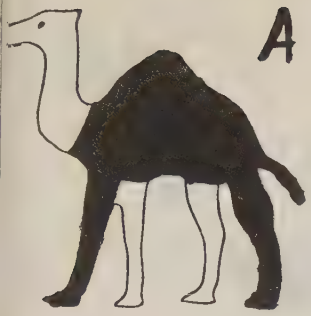


11

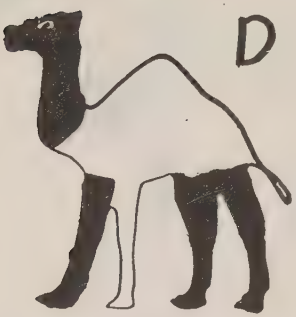


12

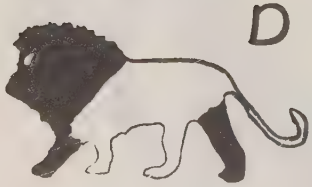
13



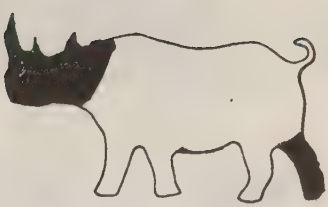
12

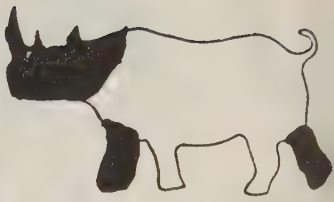


13

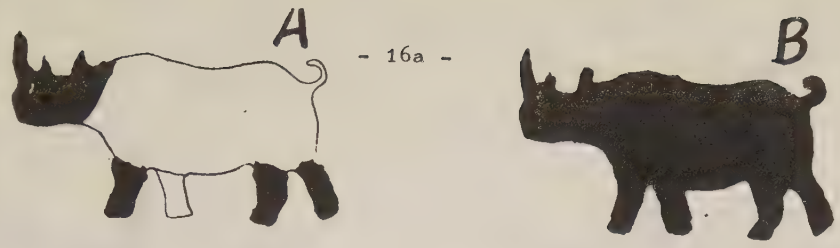


14

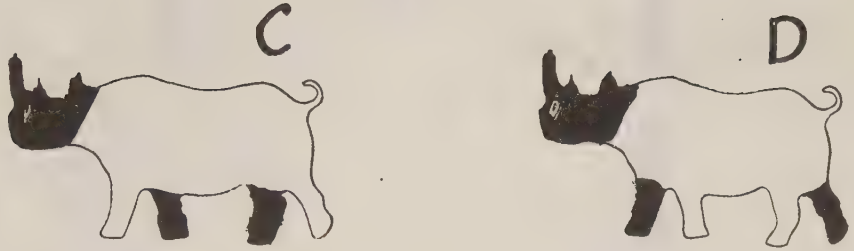




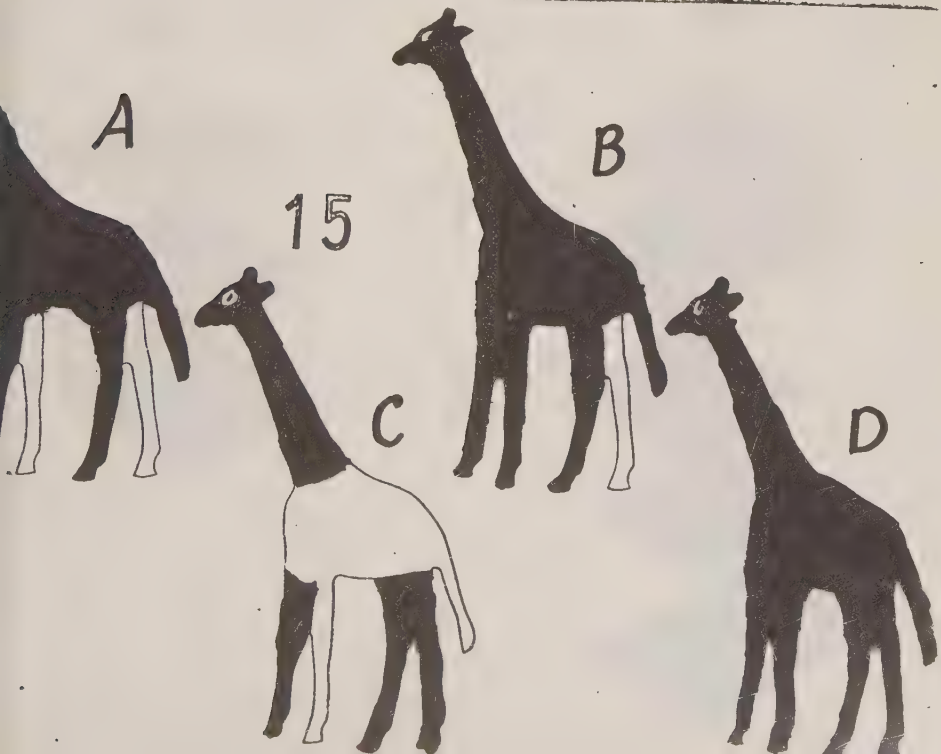
15



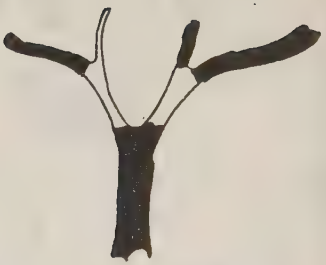
14

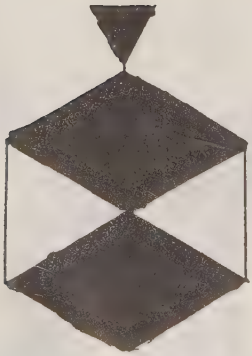


15

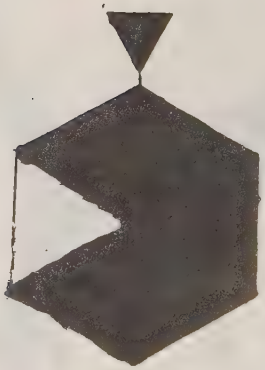


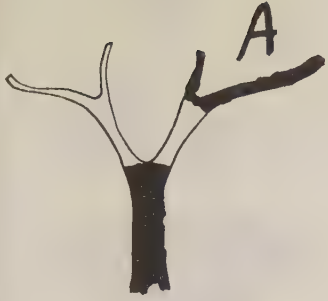
16



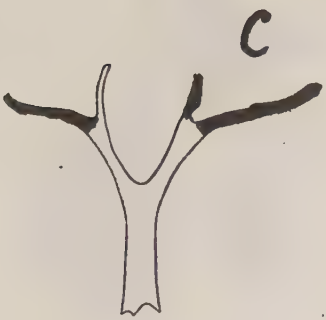


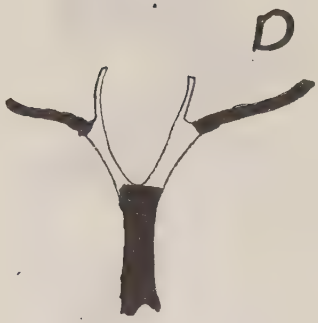
17

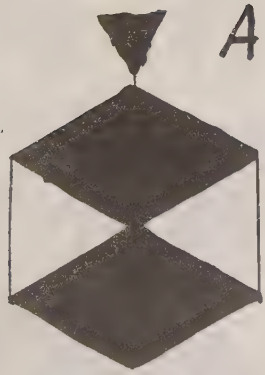


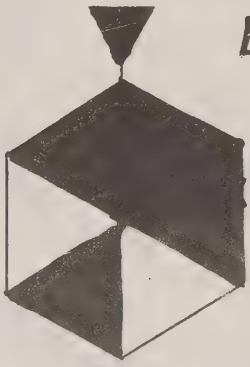


16

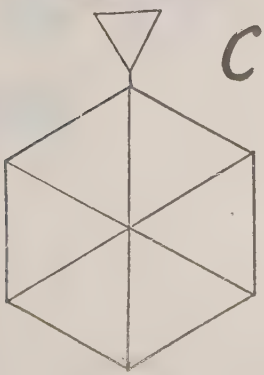


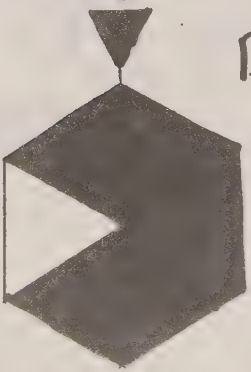


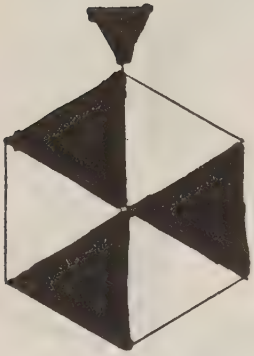




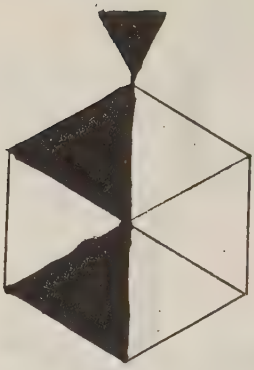
17



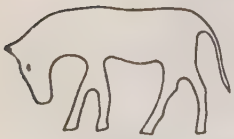


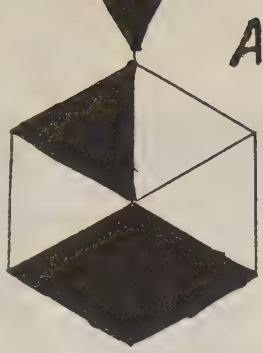


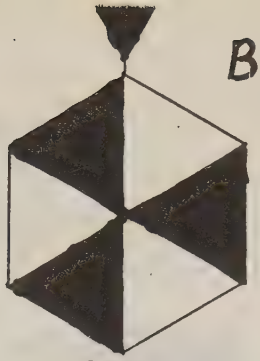
18

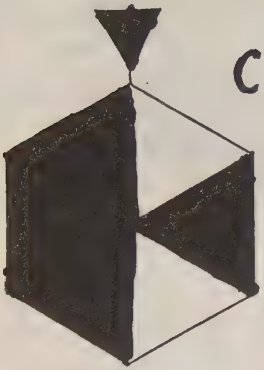


19

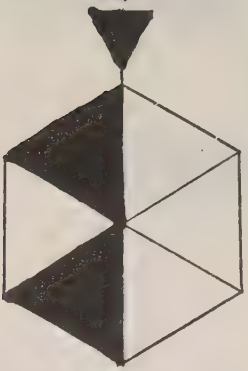


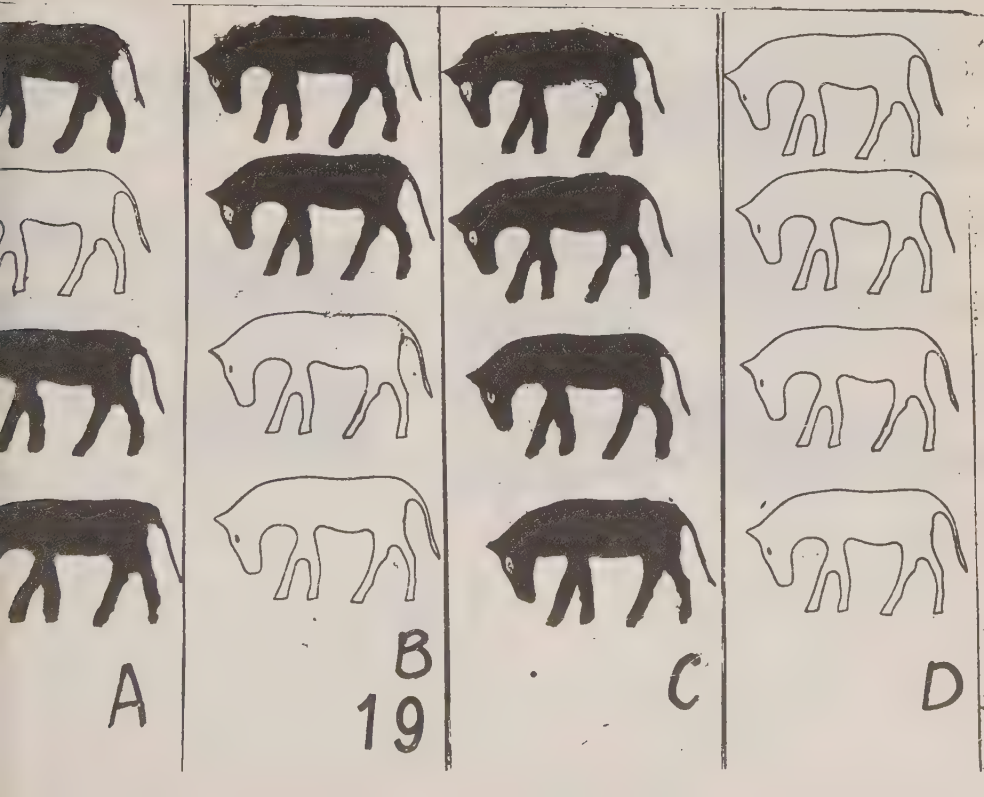


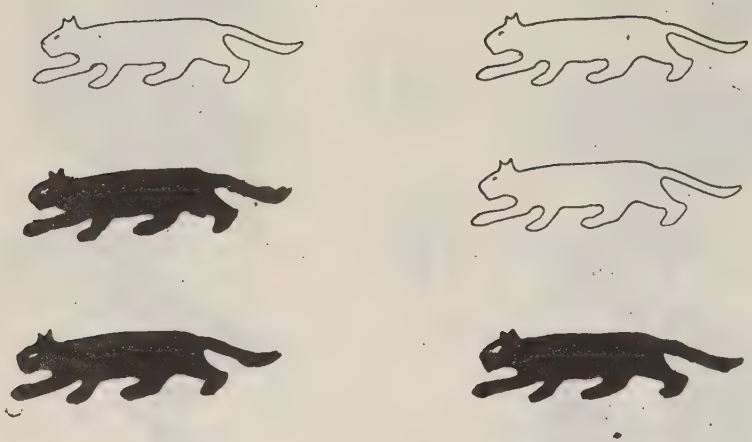




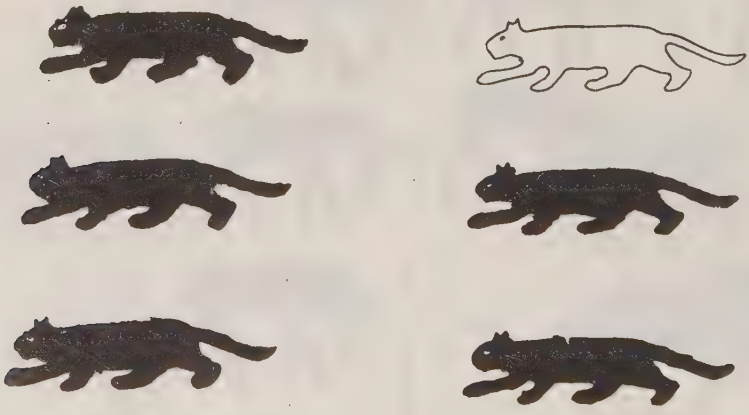
18



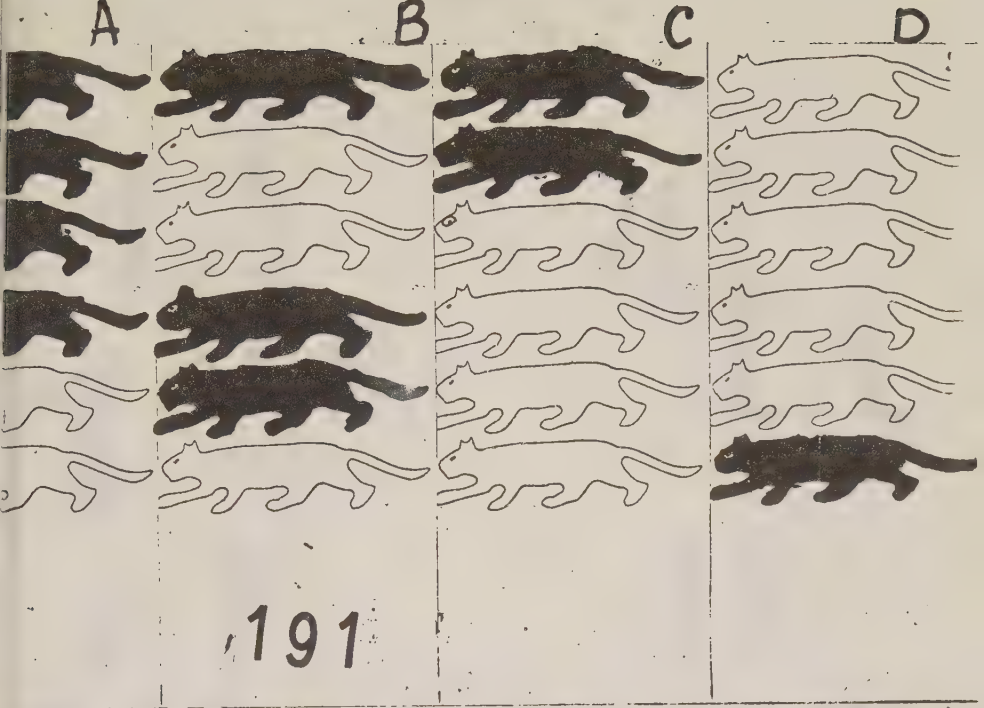




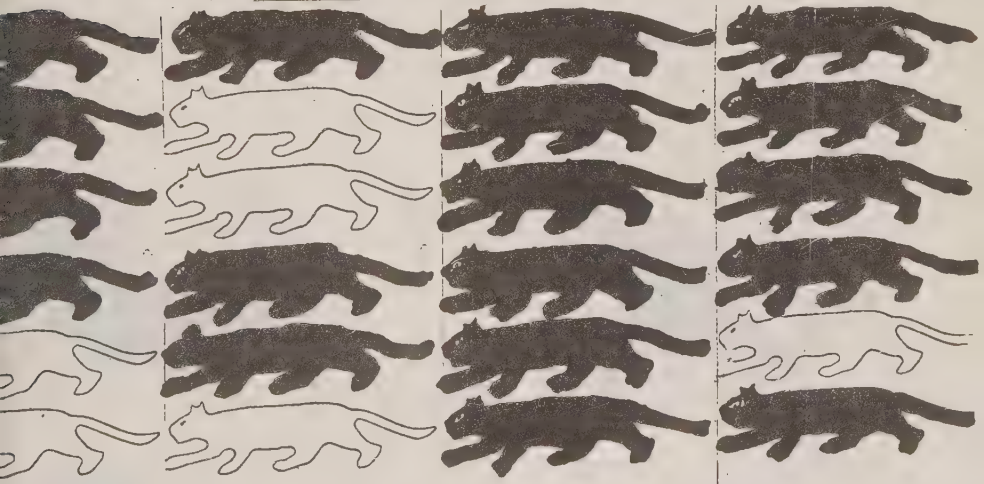
191



192



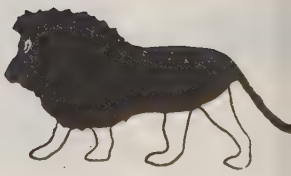
191

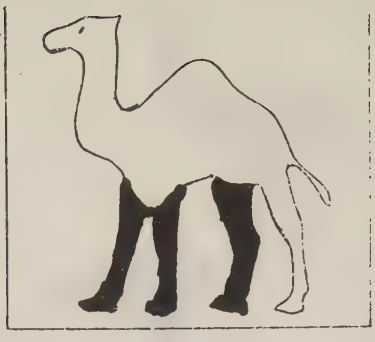


192

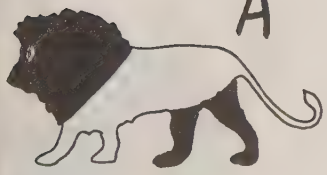
20

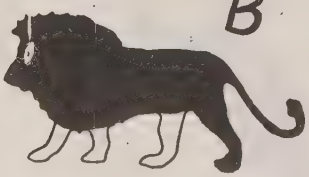
21



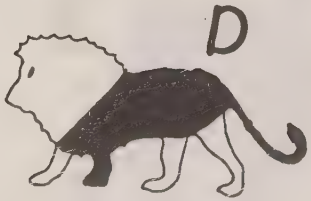


20



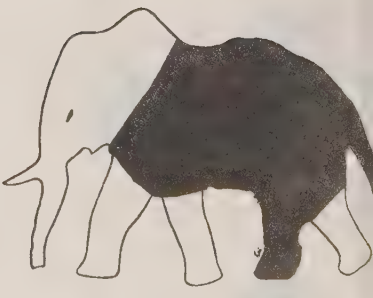


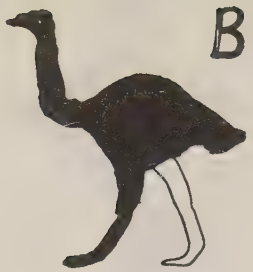
21



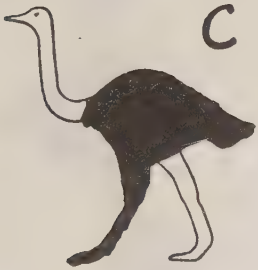
22

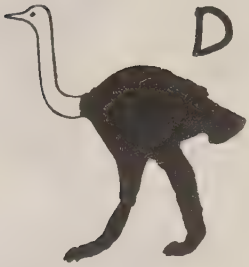
23

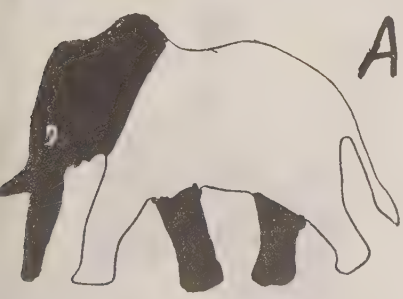


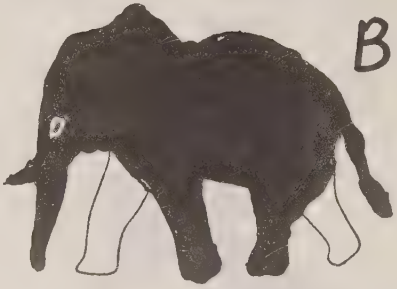


22

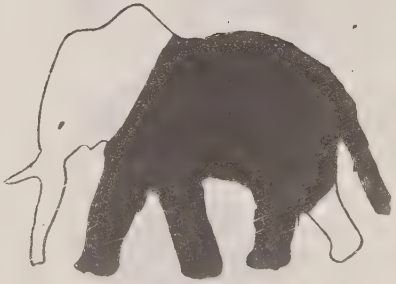


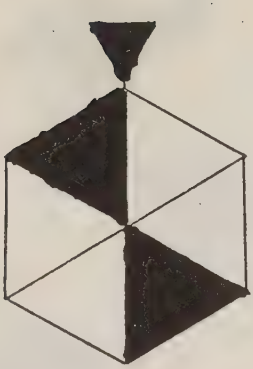




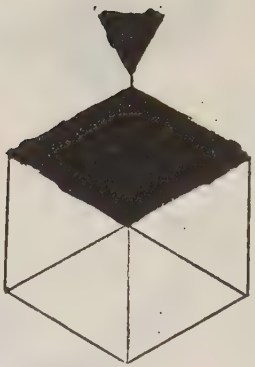


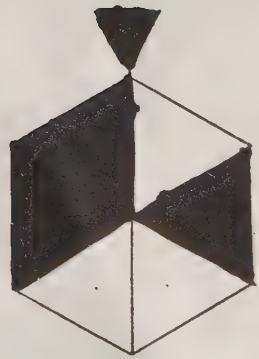
C 23



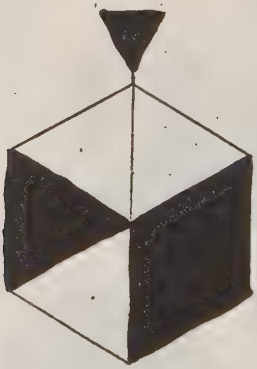


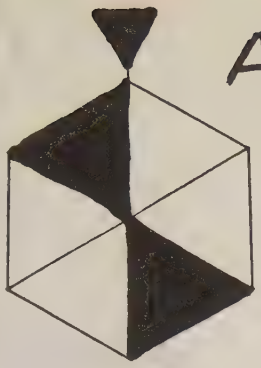
24

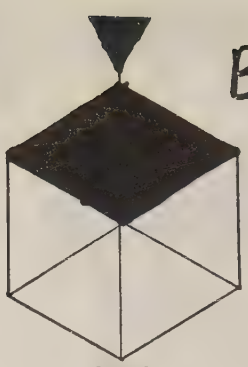


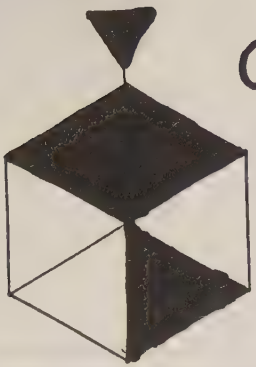


25

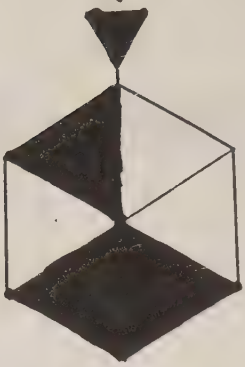


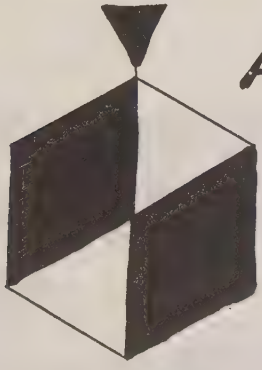


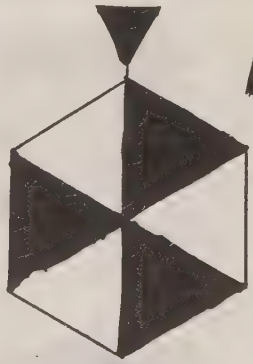


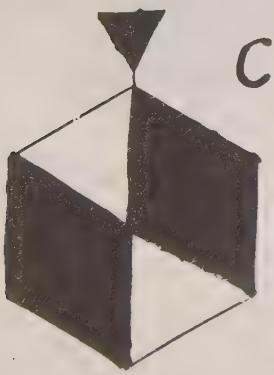


24

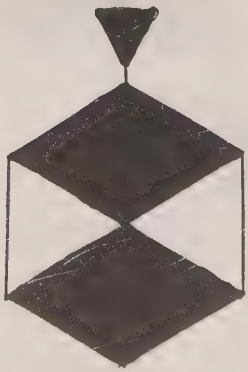






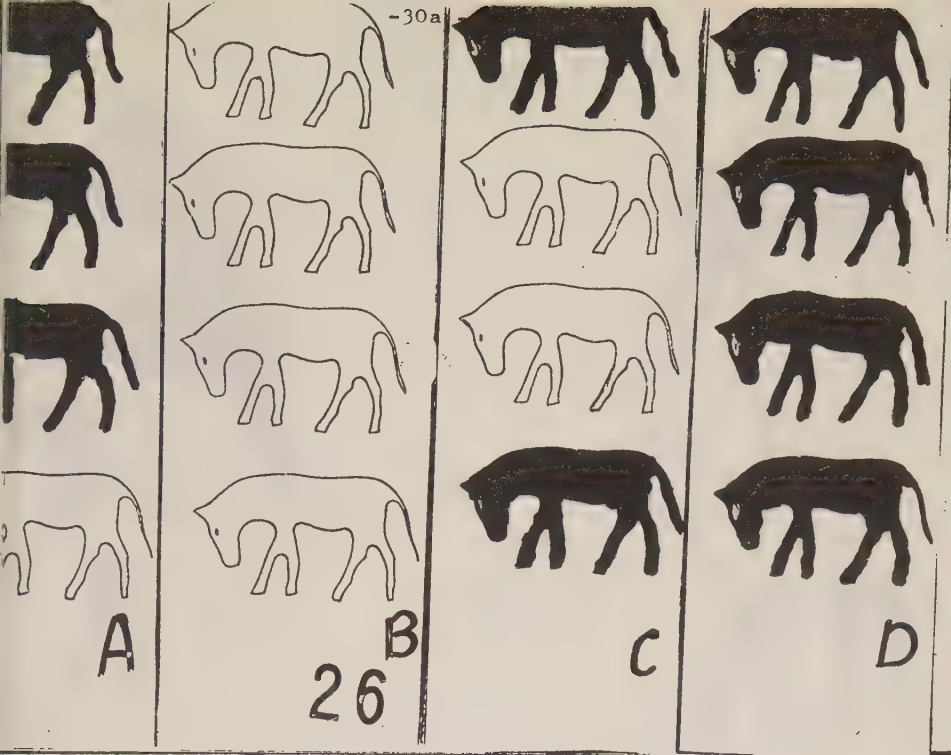


25

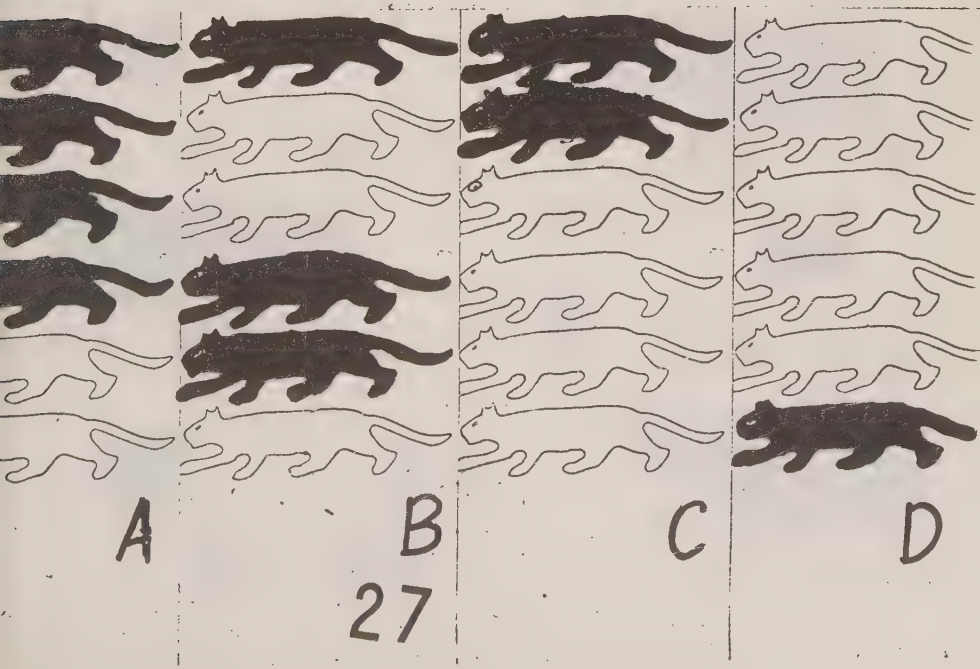


26

27



26

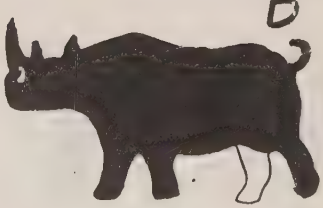


27

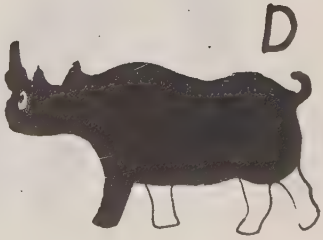
30

31

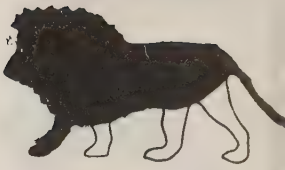
30



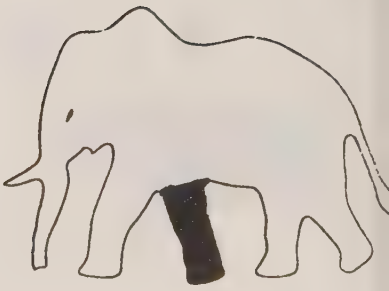
31



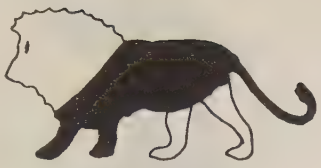
32



33



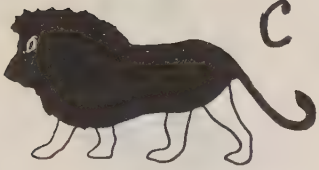
A



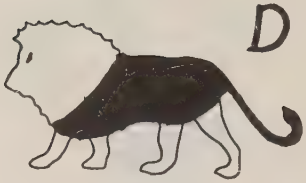
B

32

C

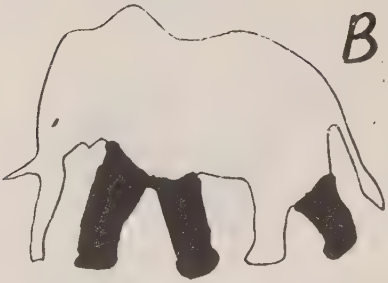


D



A

B

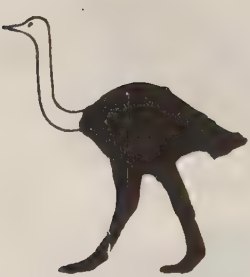


C

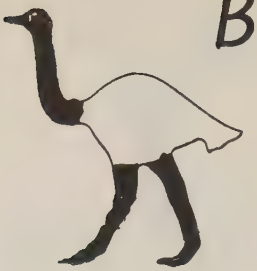
33

D

34

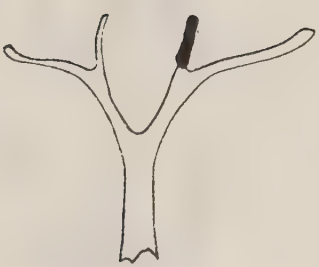


35



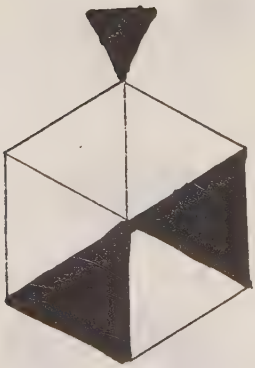
34

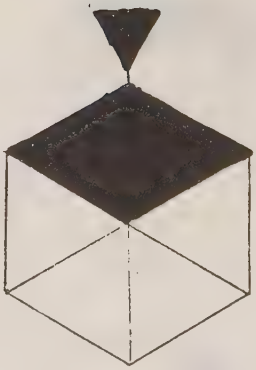
35

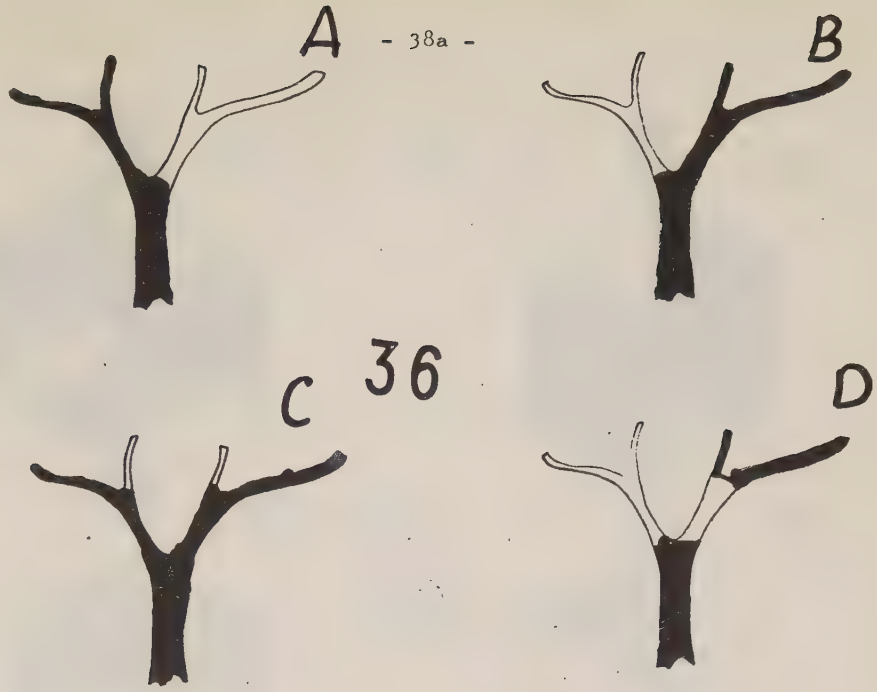


36

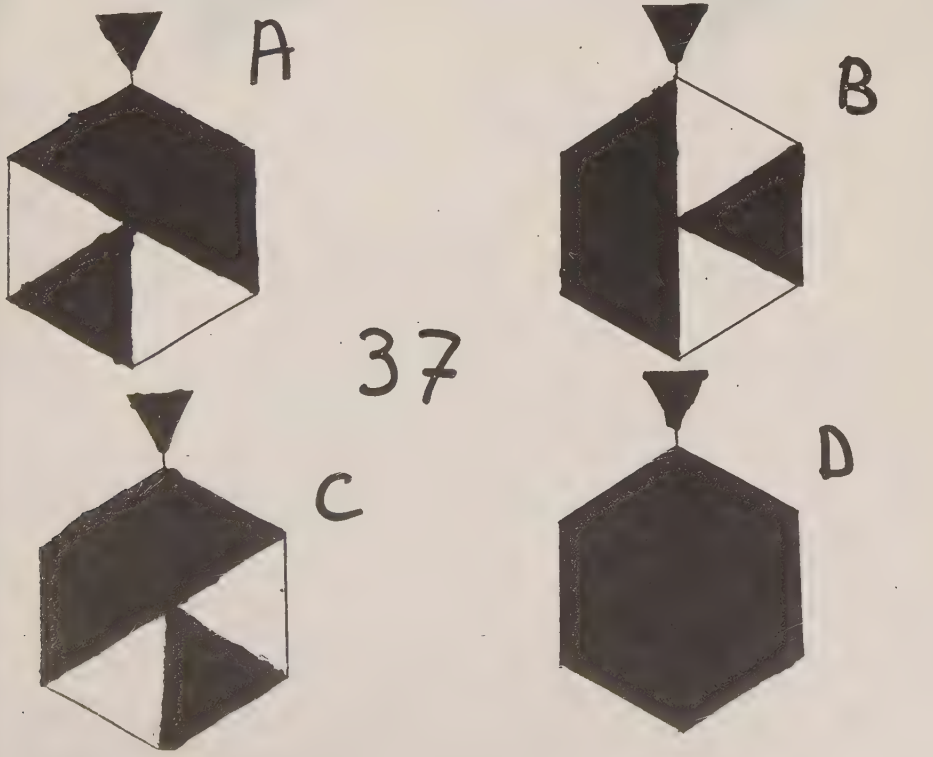
37



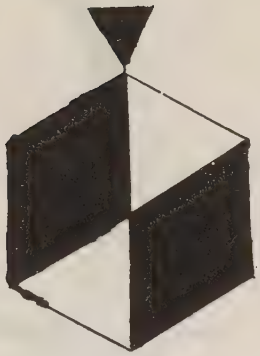


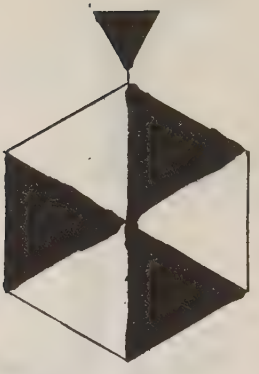


36

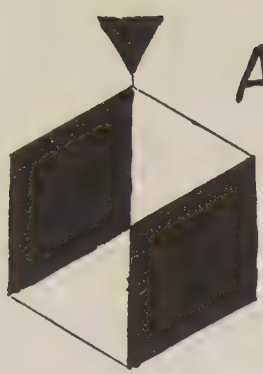


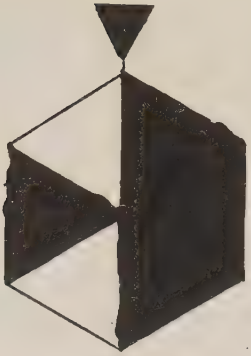
37



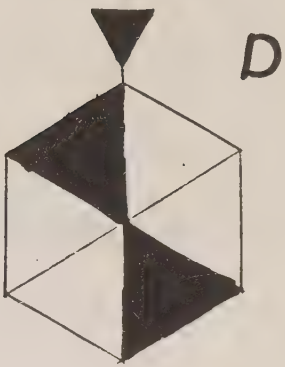


38





38



DAME – FRAU

A

1. MASCHINE – HAUS
2. TULPE – STECKDOSE
3. HERR – MANN
4. TASCHE – BREMSE

B

1. BUCH – FENSTER
2. HALLE – SAAL
3. BLUMEN – TÜREN
4. WAGGON – LÖFFEL

C

1. TURM – LINEAL.
2. ZORN – WUT
3. BAUM – BRIEF
4. KARRE – GEIGE

D

1. FERNGLAS – JÄGER
2. BRILLE – AUGENGLÄSER
3. BILD – FOTOAPPARAT
4. LINSE – FERNROHR

T

1. VORHANG – MÜTZE
2. SCHIRM – MAUER
3. FLAGGE – FAHNE
4. STRASSE – ZAUN

BAUM – BLATT

E

1. ESEL – BLEISTIFT
2. HASE – KOPF
3. KROKODIL – SCHERE
4. KÄNGURUH – RADIO

F

1. TRAKTOR – ZIMMER
2. AUTO – LENKRAD
3. BUS – FLASCHE
4. ZUG – TINTE

G

1. STUHL – KAFFEE
2. MÖBEL – TISCH
3. BETT – SCHAUFEL
4. GARDINE – GEWEHR

H

1. BRUDER – ZIMMER
2. KUH – KALB
3. NICHTE – HUND
4. NEFFE – ANZUG

I

1. GANS – FROSCH
2. HAHN – FLÜGEL
3. REH – LÖWE
4. ENTE – KAMEL

FUCHS–NASE–SCHWANZ

J

1. PANZER–FUSS–SCHRANK
2. PUPPE–HAARE–BEINE
3. GARDINE–LINEAL–INSEKT
4. SCHUHE–GESICHT–BOOT

K

1. ESEL–BIENE–AMEISE
2. KUH–MILCH–JACKE
3. STORCH–SCHNABEL–FLÜGEL
4. PAPAGEI–KATZE–DRAHT

1. PFLANZE - TANNENBAUM - ROSE
2. NELKEN - ZWEIGE - KARTE
3. GARTEN - PAPIER - LAUB
4. NADEL - FRUCHT - GEMÜSE

1. ARZT - MOTOR - SPIEL
2. ERDE - ESSEN - BRETT
3. KRANKHEIT - GRIPPE - KREBS
4. TEE - UHR - KETTE

1. KÜCHE - KÜHLSCHRANK - ESSRAUM
2. SESSEL - GANG - TREPPE
3. LÖFFEL - MESSER - GABEL
4. HAUS - TÜR - FENSTER

KOPF-AUGEN-OHREN-NASE

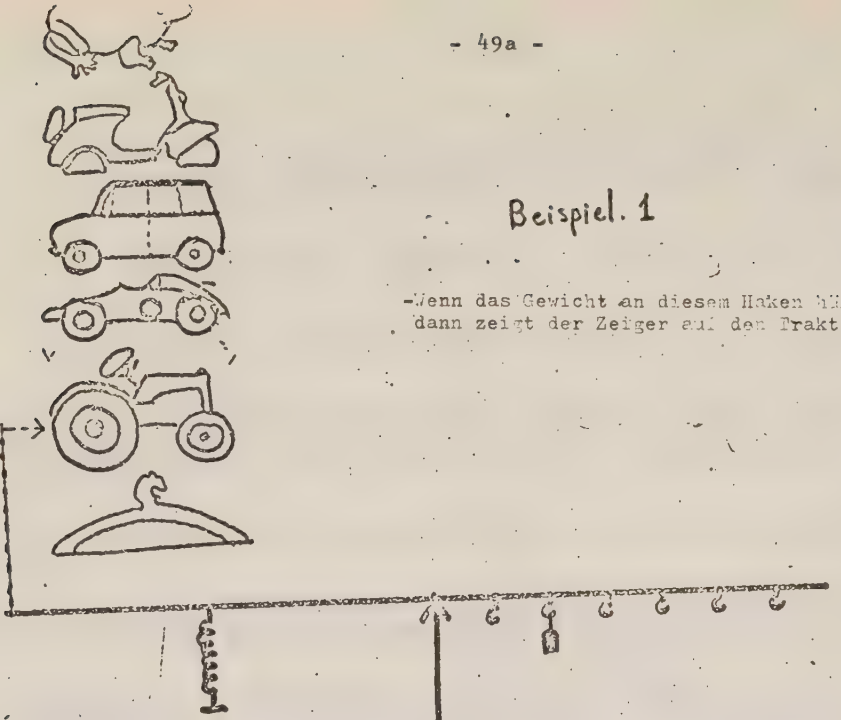
1. KERZE-BUCH-TÜTE-STRÜMPFE
2. KOPFHÖRER-STEIN-KISTE-KÄFIG
3. FERNSEHER-KNOPF-BILD-TON
4. HOSE-HEMD-SCHLÜSSEL-RIEMEN

1. HUND-FELL-MUND-ZÄHNE
2. HAUT-BEIN-ARM-BALKEN
3. SCHUHE-STIEFEL-GÜRTEL-GUMMI
4. NETZ-FLASCHE-TELLER-BROT

MARKE – TAFEL – BÄCKER – SKI
TIER – TIGER – LÖWE – KATZE
TASSE – STERN – MESSER – RATTE
HEFT – ZEITUNG – SCHACHTEL – GELD

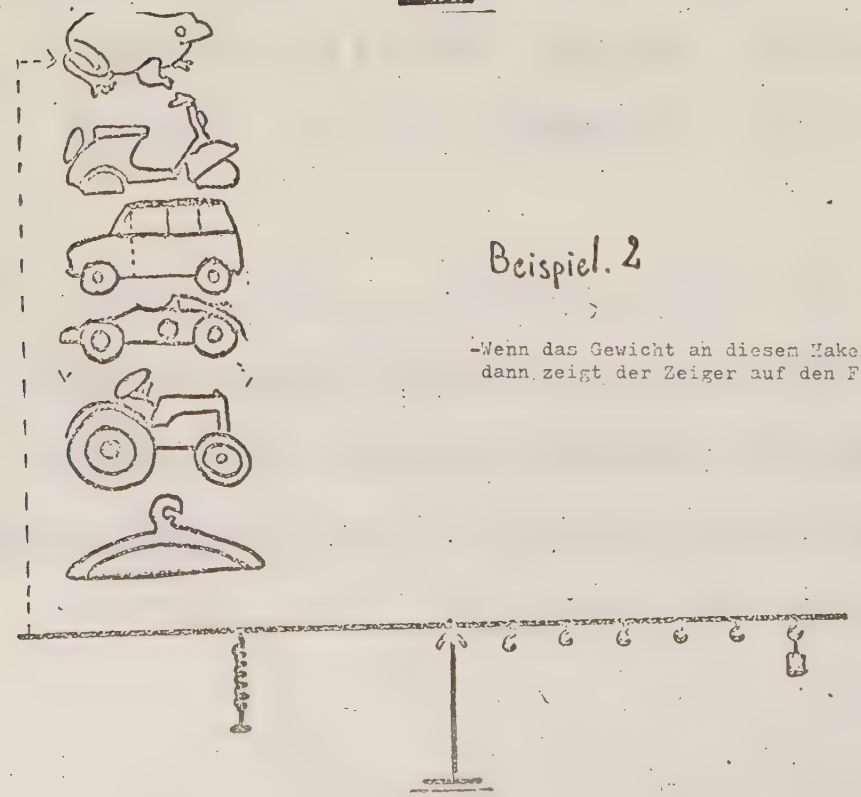
TANTE – GRILL – KRONE – BART
SCHWAGER – TOCHTER – STÜCK – WAND
FAMILIE – VATER – MUTTER – KIND
LEITER – STIMME – LOCH – HALS

AFFE – BAUCH – PELZ – MAUS
SCHAAF – WOLLE – MILCH – FLEISCH
ELEPHANT – RÜSSEL – HAUT – SCHLANGE
HENNE – EI – FEDER – KUCKUCK



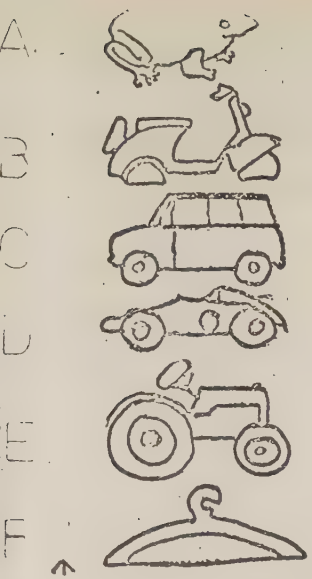
Beispiel. 1

-Wenn das Gewicht an diesem Haken hängt, dann zeigt der Zeiger auf den Traktor.



Beispiel. 2

-Wenn das Gewicht an diesem Haken hängt, dann zeigt der Zeiger auf den Frosch.

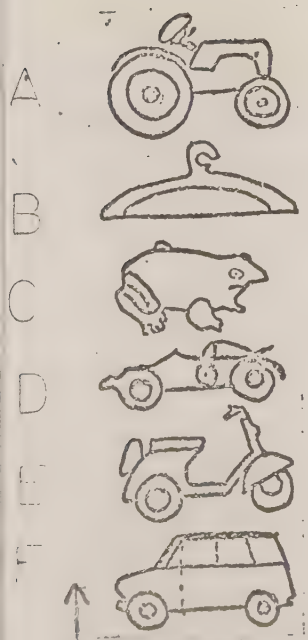


Wohin sollst du das Gewicht hängen damit der Zeiger zu:

41. dem Kleiderbügel kommt ?

42. dem Rennauto kommt ?

43. dem Mofa kommt ?



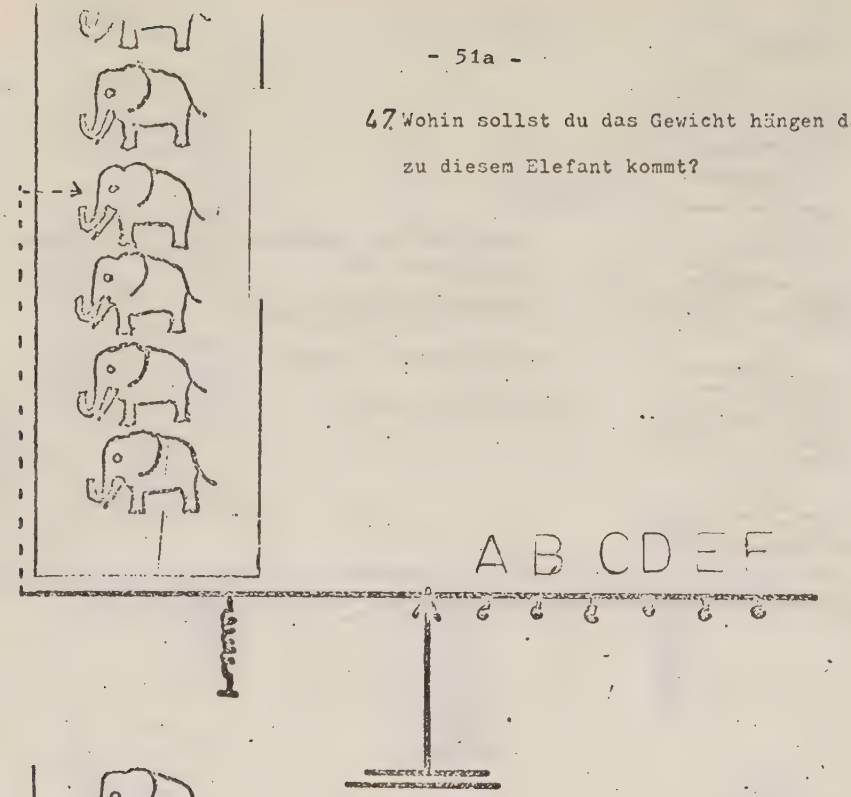
Wohin sollst du das Gewicht hängen damit der Zeiger zu:

44. dem Frosch kommt?

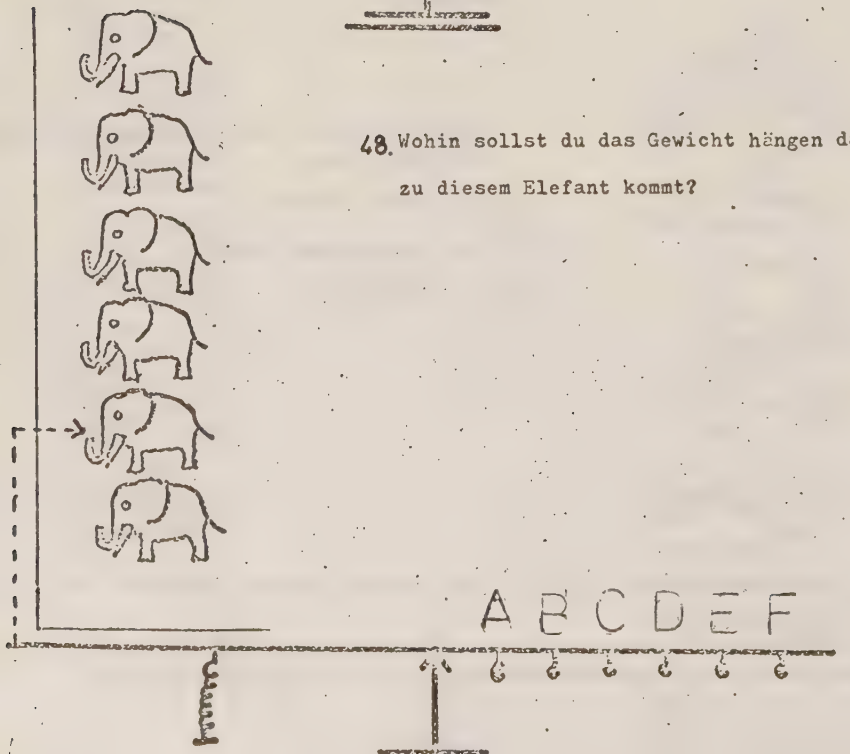
45. dem Kleiderbügel kommt ?

46. dem Mofa kommt?

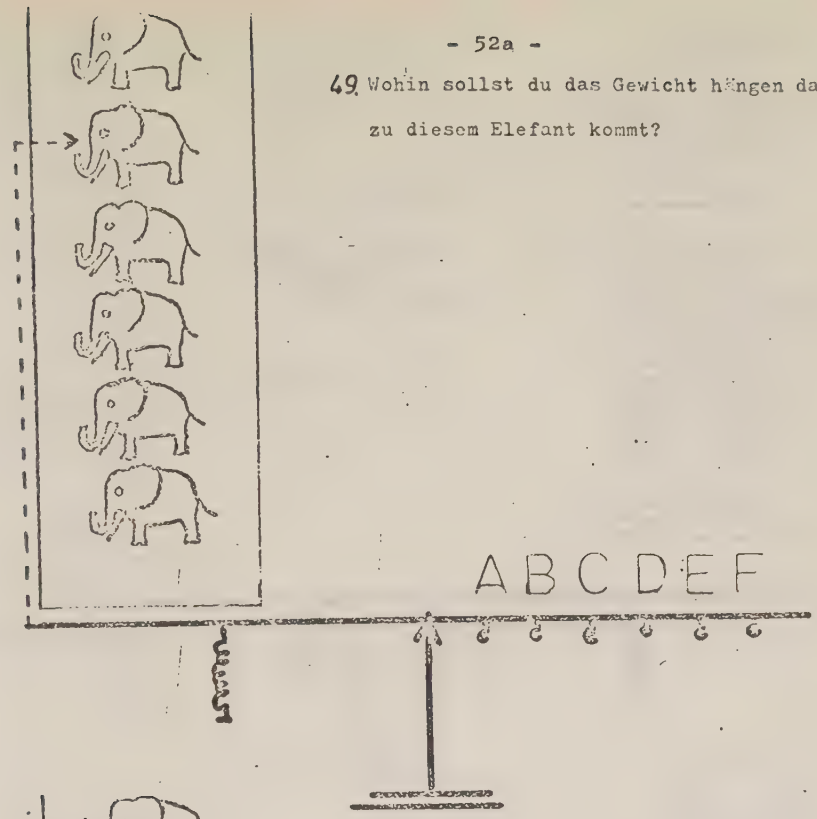
47. Wohin sollst du das Gewicht hängen damit zu diesem Elefant kommt?



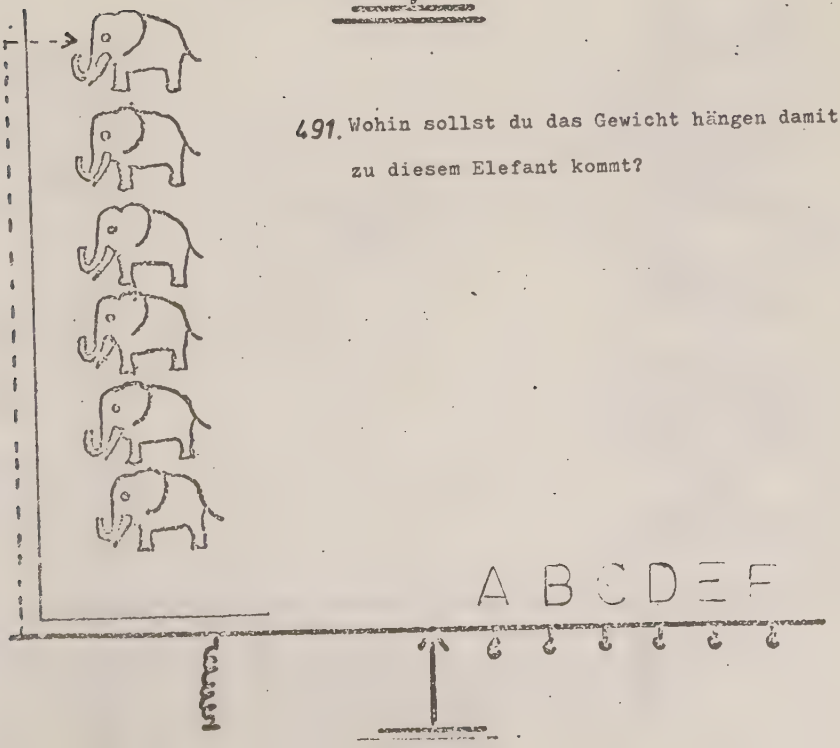
48. Wohin sollst du das Gewicht hängen damit zu diesem Elefant kommt?

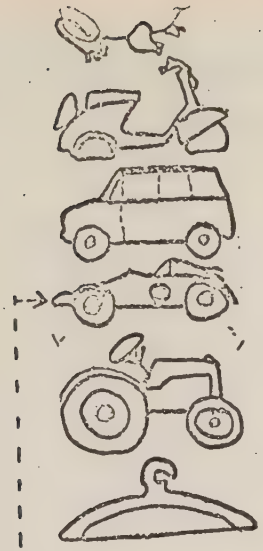


49. Wohin sollst du das Gewicht hängen damit zu diesem Elefant kommt?



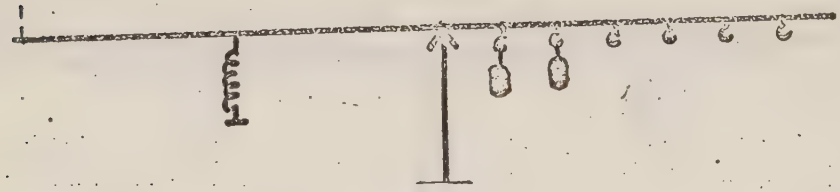
491. Wohin sollst du das Gewicht hängen damit zu diesem Elefant kommt?

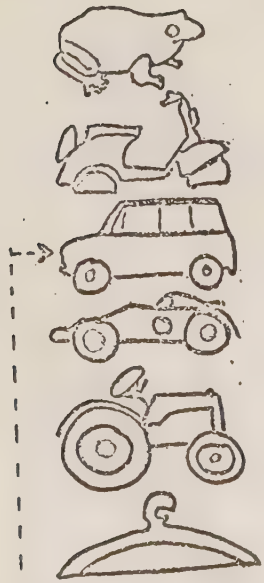




Beispiel.1

-Wenn die beiden Gewichte so hängen, dann zeigt der Zeiger auf das Rennauto.





Beispiel: 2

-Wenn die beiden Gewichte so hängen, dann zeigt der Zeiger auf das Auto.

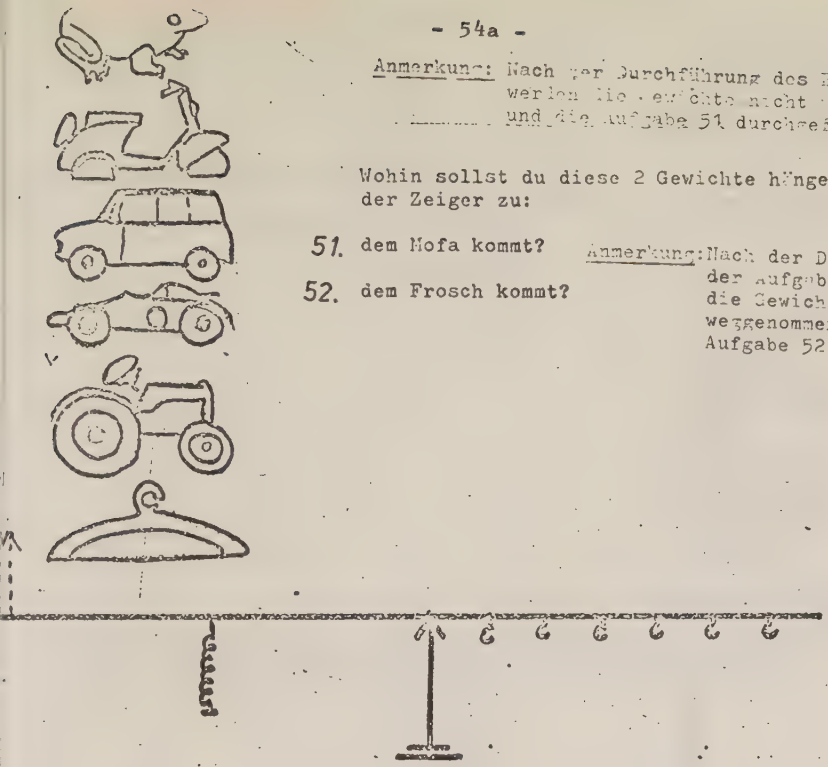
Anmerkung: Nach der Durchführung des Beispiels 2 werden die Gewichte nicht weggenommen und die Aufgabe 51 durchgeführt.

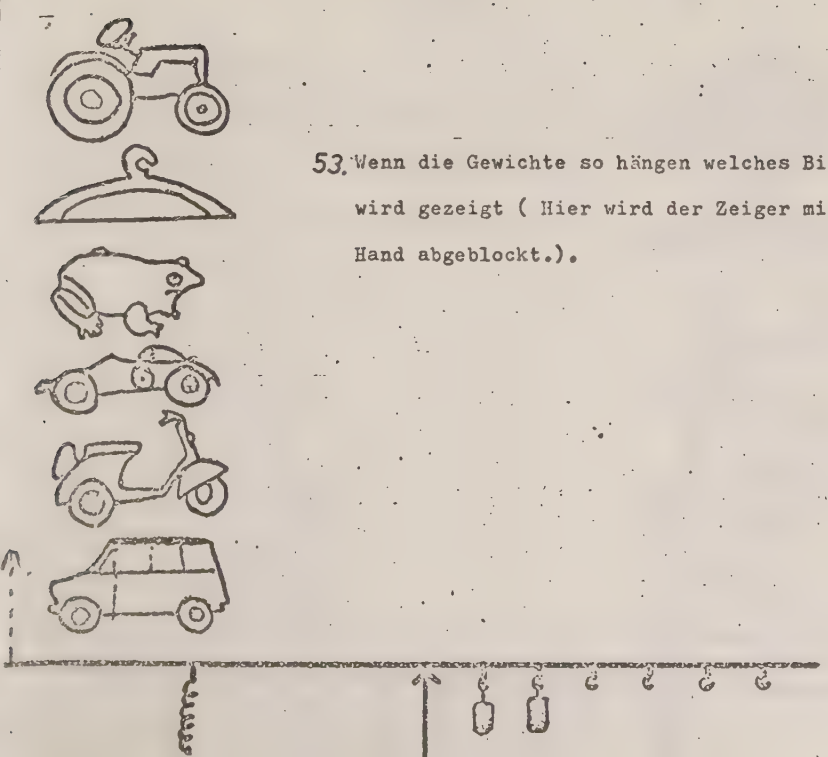
Wohin sollst du diese 2 Gewichte hängen damit der Zeiger zu:

51. dem Mofa kommt?

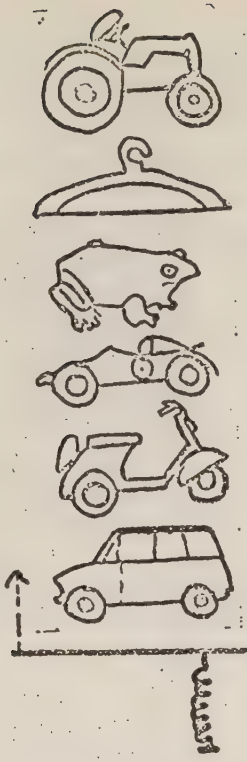
52. dem Frosch kommt?

Anmerkung: Nach der Durchführung der Aufgabe 51 werden die Gewichte nicht weggenommen und die Aufgabe 52 durchgeführt.

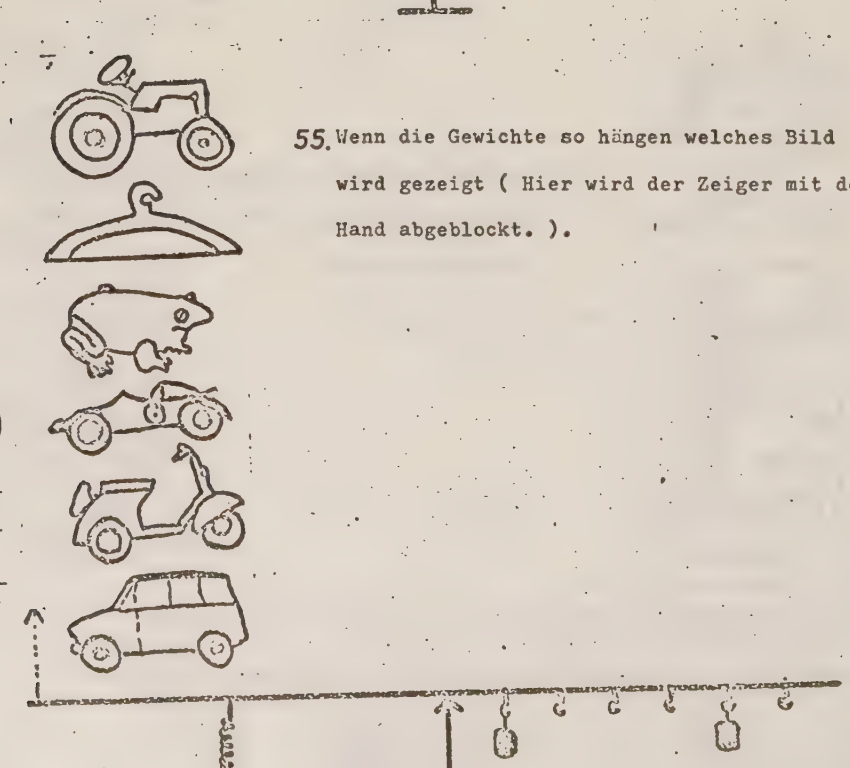




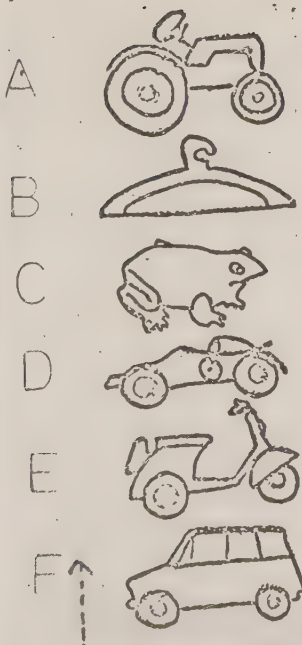
53. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



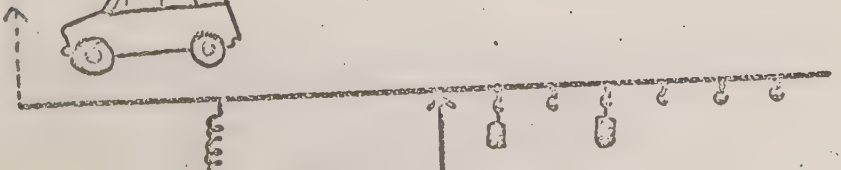
54. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



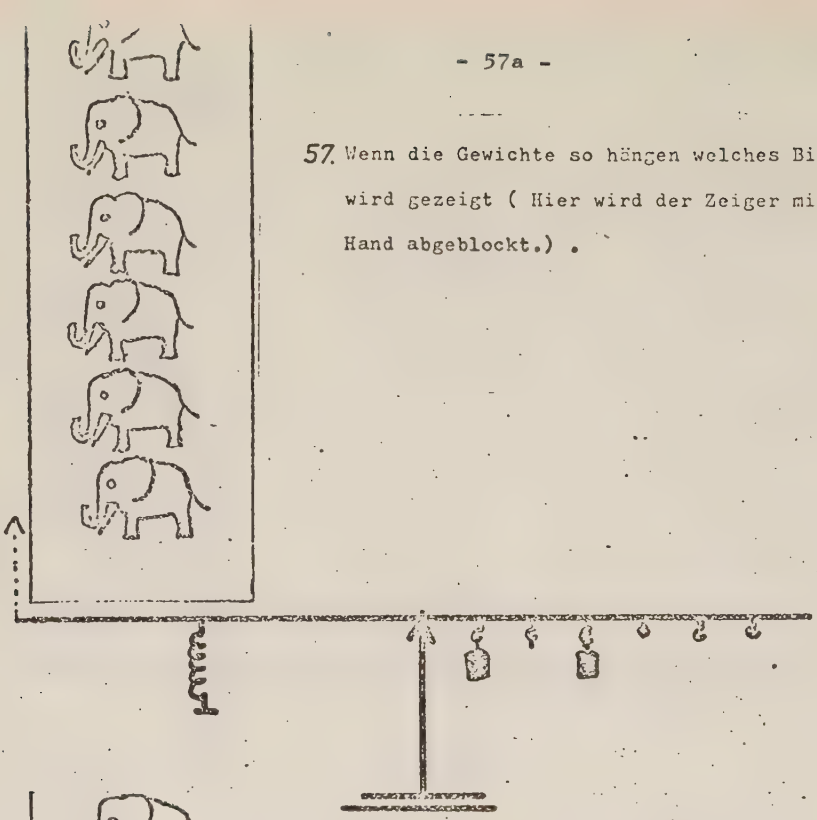
55. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



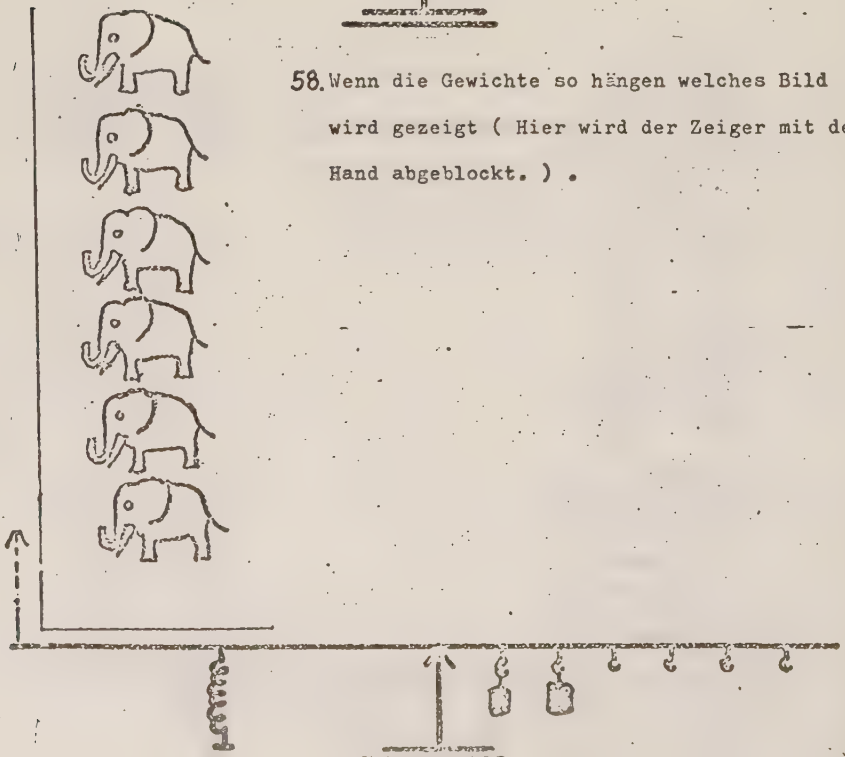
56. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



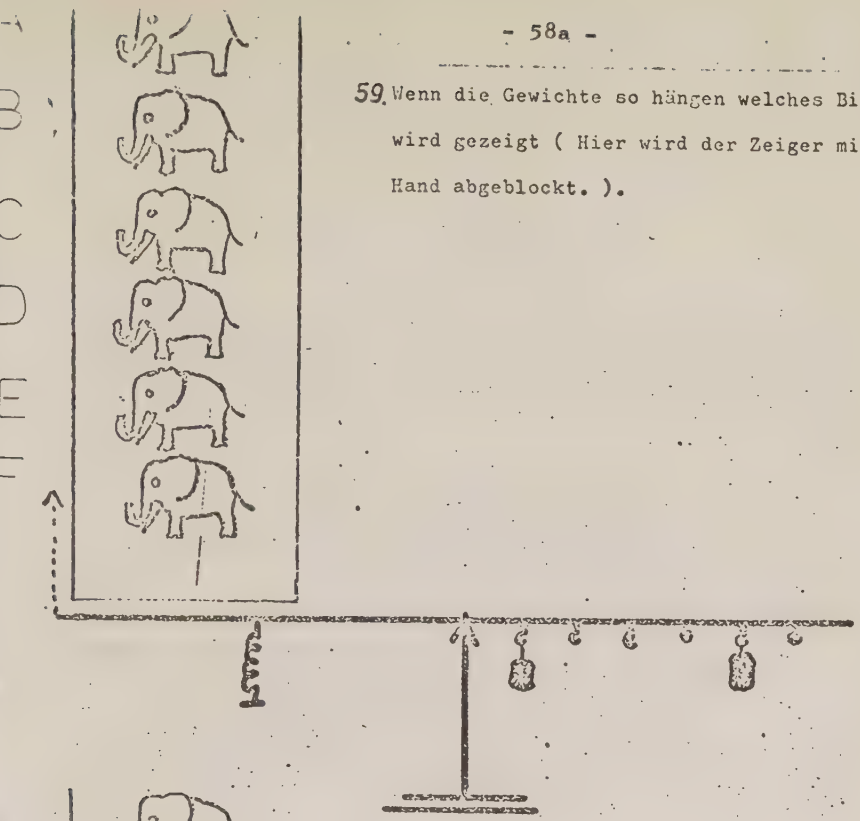
57. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.) .



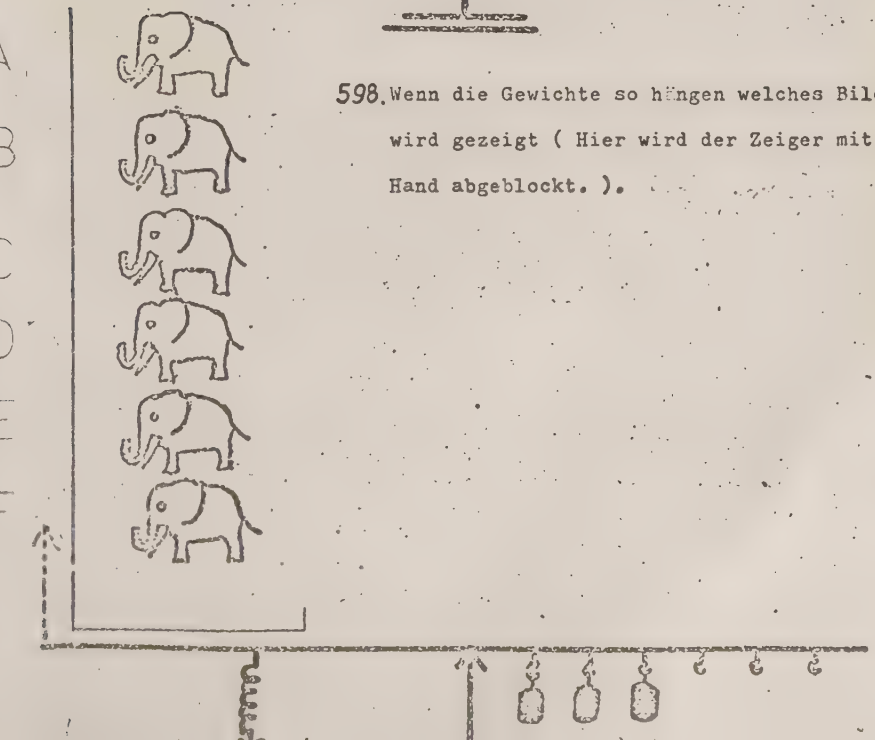
58. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.) .



59. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



59a. Wenn die Gewichte so hängen welches Bild wird gezeigt (Hier wird der Zeiger mit der Hand abgeblockt.).



Lebenslauf

Am 17.1.1946 wurde ich in Russe/Bulgarien als Sohn des Yusuf Sümbül und seiner Frau Nihâl, geb. Faik, geboren (als Angehörige der türkischen Volksgruppe).

1951	Emigration in die Türkei und Erwerb der türkischen Staatsbürgerschaft
1951-1963	Abitur in Galatasaray Lyzeum in Istanbul
1963-1966	Berufstätig als Reiseführer
1966-1971	Studium an der Middle East Technical University, Ankara, zum Erwerb des Diploms in Psychologie
Sommer 1971	Erfolgreicher Abschluß des Studiums (Nebenfächer: EDV und numerische Analyse)

Während des Studiums Tätigkeit als Programmierer in der Psychologischen Forschung (hierbei u.a. Entwicklung eines Berufsinteressen-Tests).

1973-1978	Arbeit an der Dissertation bei gleichzeitiger beruflicher Tätigkeit als Erzieher in einem Heim für verhaltensgestörte Jugendliche in Frankfurt am Main. Während dieses Zeitraums erfolgreicher Abschluß eines System-Analytiker-Lehrgangs bei Control Data in Frankfurt und Ableistung des Militärdienstes.

Frankfurt am Main, den 16.1.1978 (Oral Sümbül)